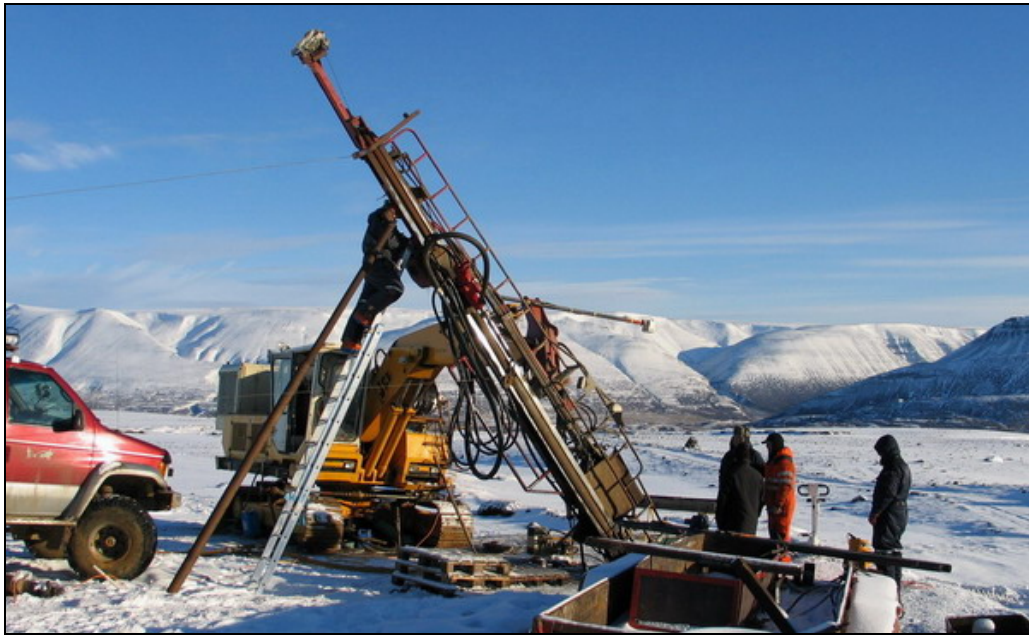


Vaðlaheiðargöng

**Veggöng milli Svalbarðsstrandar og Fnjóskadals
Jarðfræðiskýrsla 2007**



Ágúst Guðmundsson
Genia Winkler Giuliani

Unnið fyrir Greiða leið ehf.
Júní 2007

Efnisyfirlit / Table of contents

0	Ágrip	4
1	Jarðfræði Mið-Norðurlands umhverfis Eyjafjörð	6
1.1	Yfirlit yfir berggrunn Íslands	6
1.2	Landafræði umhverfis Eyjafjörð	6
1.3	Berggrunnur umhverfis Eyjafjörð	7
1.4	Halli berglaga	9
1.5	Ummyndun bergs	9
1.6	Brotalínur og höggun bergs	10
1.7	Mótun landslagsins.....	10
1.8	Laus jarðlög	11
1.9	Jöklar og urðarjöklar á nútíma.....	12
2	Almennar aðstæður fyrir jarðgöng undir Vaðlaheiði	13
2.1	Berggrunnur.....	13
2.2	Jarðlagahalli.....	13
2.3	Ummyndun og vatnsstreymi í bergi	15
2.4	Brotalamir í berggrunni	15
2.5	Jarðskjálftar	17
2.6	Ummyndun bergs	18
2.7	Jarðvatn.....	18
2.8	Jarðhiti.	18
3.	Rannsóknaboranir	19
3.1	Boranir með loftbor	19
3.2	Kjarnaboranir.....	20
3.3	Tæknilegir eiginleikar bergs.....	28
3.4	Lektarprófanir í borholum	32
4	Jarðgangaleið undir Vaðlaheiði	33
4.1	Halli berglaga í Vaðlaheiði.....	33
4.2	Áætluð berglög á jarðgangaleið	33
4.3	Jarðvatn á jarðgangaleið.....	35
4.4	Brotalínur, gangar og misgengi á jarðgangaleið	35
4.5	Leit að sprungum og berggöngum með segulmælingum	36
4.6	Vesturmunni Vaðlaheiðarganga á Svalbarðsströnd	37
4.7	Austurmunni Vaðlaheiðarganga í Fnjóskadal	40
4.8	Samantekt um aðstæður til jarðgangagerðar	44
5	Heimildaskrá	45

Teikningar / Drawings

- 1 Yfirlitskort. Staðsetningar og jarðfræði / Schematic Geology
- 2 Yfirlitskort. Brotavirkni í berggrunni / Schematic Tectonic
- 3 Vesturhluti Vaðlaheiðar. Staðsetningar og brotavirkni / West tunnel map
- 4 Austurhluti Vaðlaheiðar. Staðsetningar og brotavirkni / East tunnel map
- 5 Svalbarðsströnd - Fnjóskadalur. Langsnið jarðlaga / Geological section
- 6 Svalbarðsstr. - Fnjóskad. Lekt jarðlaga og berggæði / Groundwater section
- 7 Svalbarðsstr. - Fnjóskad. Brotavirkni á jarðgangaleið / Tectonic section
- 8 Vesturmunnungi ganga við Hallandsnes. Staðsetningakort / West portal map
- 9 Vesturmunnungi við Hallandsnes. Langsnið / West. portal area long section
- 10 Vesturmunnungi við Hallandsnes. Þversnið / West. portal area cross sections
- 11 Austurmunnungi ganga við Skóga. Staðsetningakort / East portal map
- 12 Austurmunnungi við Skóga. Langsnið / East portal area long section
- 13 Austurmunnungi við Skóga. Þversnið / East portal area cross sections
- 14 Austurmunnungi. Boranir með loftbor. Kort / East portal Percussion drilling
- 15 Könnunargryfjur við Skóga. Kort / East portal Percussion drilling
- 16 Vesturhluti Vaðlaheiðar. Segulmælingar og brotavirkni / Magnetic map
- 17 Austurhluti Vaðlaheiðar. Segulmælingar og brotavirkni / Magnetic map
- 18 Langsnið gangaleiðar. Túlkun segulmælinga / Magnetic interpretation
- 19 Langsnið gangaleiðar. Brotavirkni og segulmælingar / Tectonic and Magnetic

Viðaukar (aftan við teikningar) / Appendices (at the end of Drawings)

Viðauki 1

Kjarnaborholur. Borholulýsingar. VK-01 til VK-05 (21 bls.) / Detailed core logs

Viðauki 2

Kjarnaborholur. Ljósmyndir af borkjarna. VK-01 til VK-05 (21 bls.) / Photographs on core

Viðauki 3

Austurmunnungi jarðganga. Boranir með loftbor Holur VL-1 til VL-20. 3 bls. / Percussion drilling at east portal areas

Viðauki 4

Austurmunnungi jarðganga. Lýsing á könnunargryfjum nærri gangamunna við Skóga í Fnjóskadal. 3 bls. / Test pits at east portal area

0 Ágrip

Jarðgöng undir Vaðlaheiði eiga að leysa af hólmi fjallveg um Víkurskarð jafnframt því að stytta umtalsvert leiðina frá Akureyri til eystri hluta Norðurlands. Val á staðsetningu ganganna hefur haft nokkurn aðdraganda þar sem ýmsum möguleikum hefur verið velt upp.

Skýrslan lýsir jarðfræðilegum aðstæðum til gangagerðar gegnum fjallshrygginn er skilur að Eyjafjörð og Fnjóskadal í Suður-Þingeyjasýslu. Upplýsinga um jarðfræði svæðisins var í aðalatriðum aflað með eftirfarandi hætti.

1. Yfirfarnar greinar um jarðfræði Norðurlands í tímaritum, jarðfræðiskýrslum og öðru prentuðu efni.

2. Vettvangsskoðun, loftmyndaskoðun og lýsingum jarðlagasniða sem unnin voru ósamfelt af skýrsluhöfundi víða á Mið-Norðurlandi síðustu þrjá áratugi.

3. Kjarnaboranir á jarðgangaleið haustið 2005, samtals 915 bormetrar í fimm kjarnaholum.

4. Boranir í laus jarðlög nærri mögulegum munnum í Fnjóskadal sumarið 2005, 20 borholur samtals tæplega 180 bormetrar.

5. Um 400-500m breitt belti yfir stórum hluta gangaleiðarinnar hefur verið skannað með segulmælingum og VLF sprunguleitartæki.

Helstu niðurstöður eru þær að vænleg jarðgöng (unnin með bor og sprengitækni) yrðu um 7,4 km löng frá munna í liðlega 60m hæð y.s. hjá Þjóðvegi 1 ofan við Hallandsnes í Eyjafirði að munna í liðlega 60m hæð y.s. hjá Skógum í Fnjóskadal.

Aðkoma vega að gangamunnum yrði sem hér segir: Að vestanverðu eru aðeins nokkrir tugir metra frá núverandi Þjóðvegi að munna ganganna ofan við Hallandsnes. Gangaskáli yrði innan við 100m langur. Gangamunninn mun liggja skáhallt inn í klapparstall og þar sem göngin fara inn í bergið liggur leiðin gegnum tuga metra þykkt belti með nokkrum samhliða berggöngum sem mynda smásprungið berg. Víða sér þarna í klöpp á yfirborði og takmarkaðar athuganir sem hafa verið gerðar við gangamunna benda til að dýpi á fast sé hvergi meira en 2-4 metrar.

Að austanverðu er aðkoma að göngum gegnum þykka sand- og malarbakka ofantil í túninu í Skógum í Fnjóskadal. Þar eru líkur á að gangaskáli yrði liðlega 150m langur og þarf að grafa mikla gryfju fyrir skálann. Frá gangaenda er stutt út á núverandi veg um Fnjóskadal.

Berglögum í Vaðlaheiði hallar til SSA (eða nær suðri) á Svalbarðsströnd en í austanverðri Vaðlaheiði snýst jarðlagahallinn skyndilega til SA samfara brotabelti sem gengur suður um botn Fnjóskadals og dálítið upp í vesturhlíðar dalsins. Halli berglaga á Svalbarðsströnd er 5-8° en í neðri hlíðum Fnjóskadals er hallinn 8-12° til ASA. Gangaleiðin fer dýpst í jarðlagastaflann (gegnum elstu berglögum) að vestanverðu og undir miðju fjallinu en fer í heldur yngri jarðlög austantil.

Jarðgöngin myndu aðeins fara í gegnum 200-300m þykkum jarðlagastafla sem að mestu er gerður úr basaltlögum sem aðskilin eru með misþykkum millilögum. Sum millilaganna eru allt að nokkurra metra þykk, gerð úr fornri gjósku og leirkennd. Slík setbergslög eru fremur ókræsileg til gangagerðar. Gangaleiðin er valin með hliðsjón

af því að göngin fari neðan og utan við þykkustu setlögin sem fundist hafa í fjallinu og sleppi hjá þeim.

Ummyndunarstig bergsins tilheyrir efri hluta skólesít ummyndunarbeltisins og er ummyndunin í meðallagi fyrir íslenskar jarðgangaleiðir. Við þetta ummyndunarstig er “prímer” lekt bergsins orðin mjög lítil og fylgir jarðvatnsrennsli þá aðallega brotalínum.

Berggrunnur í Vaðlaheiði er mikið brotinn (miðað við berg á jarðgangaleiðum héraendis) og hefur að geyma fjölda bergganga. Höfuðstefnur brotalína eru tvær, N-S og ANA-VSV en austur-vestur stefna brotalína er einnig algeng og virðist vera meira vatnsleiðandi en önnur brot. Aðalstefna bergganga (sem sést hafa) er nálægt N-S en fleiri gangastefnur eru algengar. Segulmælingar og VLF mælingar yfir gangaleið benda til mikils fjöld bergganga með N-S stefnu.

Rannsóknarboranir sýna að jarðvatnsborð stendur hátt í fjallinu og að mikið vatnsrennsli getur átt sér stað við sum brotin (misgengi og ganga). Slíkt innrennsli getur numið hundruðum lítra/sek á einstökum stað en venjan er að hratt dragi úr slíku innstreymi eftir að viðkomandi sprunga hefur verið opnuð. Líklegt er talið að heildarrennsli úr göngunum yrði a.m.k. margir tugir lítra/sek eftir að göngin verða tekin í notkun en þaðfer þó talsvert eftir því hve mikil áhersla yrði lögð á bergþéttingu samfara greftri ganganna.

Ef skipa á aðstæðum til gangagerða undir Vaðlaheiði í smanburð við aðstæður við jarðgöng jarðgöng héraendis verða jarðgöng Blönduvirkjunar líklega fyrst fyrir valinu. Þar eru allmörg misgengi af svipaðri stærð og búast má við (en í mun meira mæli) í Vaðlaheiði. Ekki er fullkomlega ljóst hversu mörg og hversu þykk setbergslög liggja gegnum áformaða jarðgangaleið í Vaðlaheiði en eiginleiki setlaganna er hliðstæður setlögum í jarðgöngum Blönduvirkjunar og reyndar einnig mjög hliðstæður setbergslögum í Fáskrúðsfjarðargöngum (nær Reyðarfirði). Í almennum samanburði við veggöng héraendis má ætla að basaltið verði í betra meðallagi til gangagerðar en að setbergslögin verði í lakara meðallagi. Þá er mun hærra hlutfall bergganga og misgengja í Vaðlaheiði en almennt er í veggöngum héraendis og verður það heldur til óhagræðis við gangagerðina varðandi vatnsleka og þörf á styrkingum.

1 Jarðfræði Mið-Norðurlands umhverfis Eyjafjörð

1.1 Yfirlit yfir berggrunn Íslands

Ísland er staðsett á Mið-Atlantshafshryggnum sem liggur á mörkum landreksplatna Evrasíu og Norður-Ameríku. Jafnóðum og plöturnar rifna í sundur fyllist í gliðnunarrifuna á milli þeirra með eldkviku í formi innskota og gosbergs. Landreksgliðnunin kvíslast yfir Ísland, frá Reykjaneskaga (og Mið-Suðurlandi) í suðvestri til Skjálfandaflóa og Melrakkaslétu í norðaustri. Elsta berg landsins er að finna hvað lengst frá rekásnum, neðst í ystu múlum á norðanverðum Vestfjörðum (líðlega 15 milljón ára), á ystu annesjum á Austfjörðum (nærri 13 milljón ára), á staðbundnu svæði í kringum Borgarnes (12 milljón ára) og svo yst við mynni Eyjafjarðar (líðlega 11 milljón ára).

Miklar breytingar urðu á upphleðslu jarðlagastaflans fyrir um 3 milljónum ára vegna kólnandi loftslags og myndunar jökla. Venja hefur skapast hérlendis að kalla þann hluta berggrunnins sem er eldri en 3 milljón ára tertíert berg og það sem yngra er kvartert.

Tertíeri berggrunnurinn er byggður upp úr miklum bunka af basaltlögum og millilögum úr setbergi og hallar bunkanum almennt inn til landsins. Setbergslögin eru ýmist þunn lög (nokkrir cm eða fáeinir tugir cm) úr fornum fokjarðvegi og þunnri gjösku og svo aftur þykkari setmyndanir myndaðar við mikið öskufall. Einnig eru í staflanum tiltölulega staðbundnar þykkar setmyndanir myndaðar við rof og setmyndun samfara því.

Tertíeri berggrunnurinn er ekki ein samofin basalhella heldur finnast dreifðar í hellunni yfir 80 svokallaðar megineldstöðvar með breytilegum berggerðum og er meginþorri þeirra löngu útkulnaður. Lætur nærri að hátt í helming af jarðskorpu Íslands megi rekja til eldvirkni í slíkum eldstöðvum. Jarðfræðibygging megineldstöðvanna er öllu flóknari en plötubasaltstaflans umhverfis þær.

1.2 Landfræði umhverfis Eyjafjörð

Umhverfis Eyjafjörð er mjög fjöllótt landslag. Að vestanverðu gengur fram einn tröllslegasti fjallgarður Íslands og hin síðari ár hefur hann verið nefndur eftir því Tröllaskagi. Hann er afar víðfeðmur, um 35 km breiður frá austri til vesturs og um 80 km langur frá norðri til suðurs, hálendur en sundurskorinn af djúpum dölum með hrikalegar hamrabrúnir.

Austan Eyjafjarðar gengur fram annar mikill fjallgarður sem myndar mikinn fjallaskaga til norðurs og hefur sá skagi oft verið nefndur Flateyjarskagi en ekki hefur nafnið þó gamla hefð. Að sunnan tengjast fjallgarðarnir miðhálandi Íslands en fara þó lækandi þangað. Verulegt torleiði hefur löngum verið frá Eyjafirði til héraðanna bæði að vestan og austan.

Djúpur dalur er nefnist Fnjóskadalur (og framhald hans til norðurs Flateyjardalsheiði) ristir eystri fjallgarðinn og djúpt hliðarskarð (Dalsmynni) tengir dalinn við miðja austurströnd Eyjafjarðar. Þaðan hefur frá fornu fari mátt þræða láglenda leið til eystri héraða en er mikill krókur fyrir flesta. Suður frá Dalsmynni á milli Eyjafjarðar og Fnjóskadals er ávalur fjallgarður víðast 600-800m hár en þó með nokkrum grunnum skörðum. Árið 1908 var byggð steipt brú á Fnjóská innan við við

bæinn Skóga vegna vaxandi flutninga bænda með hestalestum yfir Steinsskarð (540m hátt) ofan Svalbarðseyrar og um Vaðlaheiði (líðlega 600m hæð) gegnt Akureyri. Um 1920 var farið að klöngrast með bíla þessar leiðir og á kreppuárunum var ruddur bílvegur um Steinsskarð til Akureyrar og leiðin nefnd Vaðlaheiði. Steinbogabruin á Fnjóská var notuð til 1968 að ný brú var byggð yfir ána norðan við Nes. Nýr vegur um Víkurskarð (313m hátt) leysti þjóðveginn um Vaðlaheiði af hólmi 1983 en við það lengdist leiðin austur frá Eyjafirði um 15 km. Markmið Vaðlaheiðarganga er að endurheimta vegstyttinguna með greiðri leið frá Eyjafirði til austurs og nýta áfram Fnjóskárbrúna norðan við Nes.

1.3 Berggrunnur umhverfis Eyjafjörð

Berggrunnur umhverfis Eyjafjörð hlóðst að mestu leyti upp á tímabilinu frá um 12 til 4 milljónum ára. Upphleðslan markast í stórum dráttum af legu gosbeltisins um Ísland. Fyrir meira en 6-7 milljónum ára, lá aðalgosbeltið að vestanverðu við Tröllaskaga, þar sem nú eru Húnavatnssýslur. Síðar fluttist gosbeltið til austurs, yfir basaltplötuna á Mið-Norðurlandi og tóku þá að hlaðast upp berglög ættuð frá austri og suðaustri. Flutningur gosbelta og miklar brotahreyfingar valda breytilegum halla berglaga umhverfis Eyjafjörð. Hallastefnur eru sýndar á einfölduðu berggrunnskorti af Mið-Norðurlandi á teikningu 1.

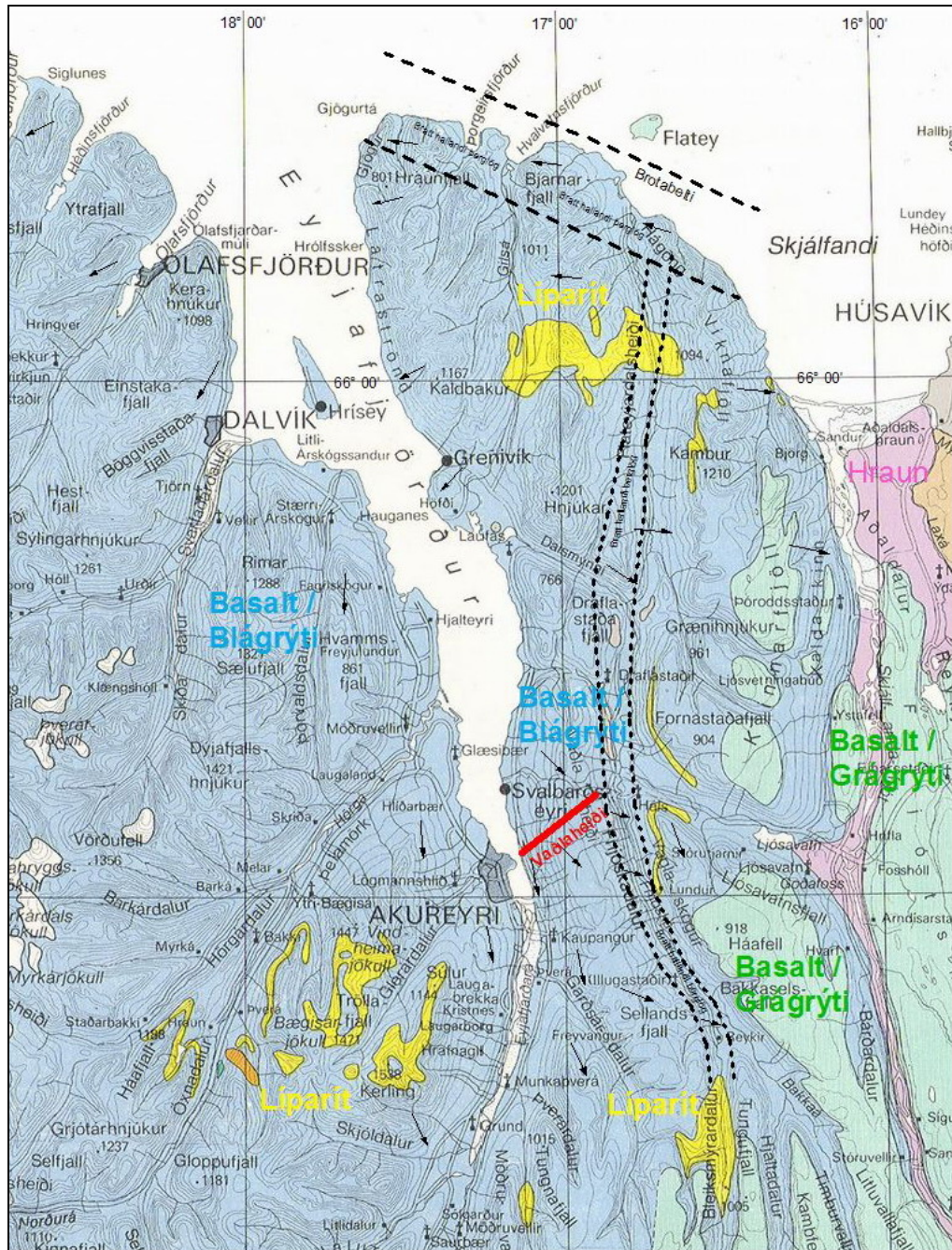
Ef sneið er lögð gegnum jarðlagastaflann frá mynni Eyjafjarðar inn með fjallshlíðunum inn í botn Eyjafjarðardals er samanlögð heildarþykkt jarðlaga eitthvað nálægt 4-6 km (misjafnt eftir því hvar sneiðin væri skorin). Þessi stafli hlóðst upp á tímabilinu fyrir líðlega 12 til 4 milljónum ára. Berglagastaflinn utan við Laufás og Hjalteyri er eldri en 10 milljón ára en kaflinn þaðan og inn fyrir Akureyri byggðist upp fyrir 10 til 8,5 milljónum ára. Berg í Vaðlaheiði hefur líklega byggst upp fyrir 9 til 7,5 milljónum ára.

Jarðlagastaflinn er víðast reglulegur, með undantekningum (varðandi halla og breytilega berggerð) í grennd við fornar megineldstöðvar, eins og síðar verður vikið að. Hraunlöggin eru yfirleitt 5-15m þykk. Einstök hraunlög aðgreinast venjulega með lagmótakarga en algengt er að þunn, rauð millilög úr fornum þurrlendisjarðvegi séu milli hraunlaga. Í grennd megineldstöðvanna eru þykk, súr gjóskulög og mikil staðbundin óregla í jarðlagaskipan. Á stöku stað eru setbergslög úr vatnsfluttu seti, svo sem sandsteinn og völuberg. Berg frá þremur fornum megineldstöðvum setur svip á fjöllum við Eyjafjörð. Elsta megineldstöðin, 10-11 milljón ára gömul er á miðjum Flateyjardalsskaga, sú næsta er í fjöllum og dölum vestan Akureyrar (Öxnadal) og sú þriðja er innarlega í Eyjafirði vestan við Torfufell.



Mynd 1. Berggrunnur í vesturhlíð Vaðlaheiðar. Sterklegar bergsyrrur og hjallar sem fela veikari berglög (setbergslög og misgengjabreyskjur eða breksíur).

Nokkrar jarðlagasýrpur með tiltekin séreinkenni og umtalsverða útbreiðslu hafa verið kortlagðar í berggrunni Tröllaskaga en ekki hefur farið fram eins umfangsmikil kortlagning á bergsýrpum austan Eyjafjarðar. Á samsettu jarðlagasniði gegnum Tröllaskaga frá Ólafsfjarðarmúla suðvestur í Sólheimafjall í Blönduhlíð er farið gegnum liðlega 4 km þykkun bergstafla með um 300 basaltlögum og er meðalþykkt laganna 13-15m að meðtöldum lagmótakarga. Liðlega 7% bergsins eru úr setlögum en flest eru þau þunn, eða minna en meter á þykkt. Í heildina er samsetning berggrunnins austan Eyjafjarðar hliðstæð, þar sem ekki eru áhrif megineldstöðva.



Mynd 2. Jarðfræðikort sem sýnir helstu drætti í berggrunni umhverfis Eyjafjörð. Grunnur kortsins er eftir Hauk Jóhannesson og Kristján Sæmundsson 1998.

1.4 Halli berglaga

Hallastefna jarðlaga við Eyjafjörð er ekki regluleg, heldur breytist hún frá einu svæði til annars. Norðan við miðjan fjörð er meginhallinn til suðvesturs en sunnar er meginhallastefnan til suðurs og SSA er kemur suður um Eyjafjarðarsveit og austur í Fnjóskadal. Víða norðantil er jarðlagahalli 4-8° við sjávarmál og í dalbotnum en er víða 6-9° neðst í hlíðum í innanverðum Eyjafirði (sjá örvar er sýna hallastefnu berglaga á mynd 1). Jarðlagahallinn minnkar jafnan upp á við á hverjum stað og gjarnan nemur hallabreytingin 1-1,5° fyrir hverja 200m hækkun en allvíða er breytingin þó minni. Meiri og staðbundinn halli til suðausturs er á þröngu snörunarbelti er liggur um Flateyjardalsheiði og suður um botn Fnjóskadals. Þar er að finna allt að 20° halla til suðausturs í afmörkuðum snöruðum spildum.

1.5 Ummyndun bergs

Basaltstafla sem hleðst upp og grefst sífellt dýpra undir nýjum hraunlögum tekur að ummyndast vegna aukins hita og þrýstings. Ummyndunarstig bergsins kemur fram í holu- og sprungufyllingum, sem urðu til við útfellingar úr jarðvatni sem lék um bergið. Útfellingarnar kristallast í svokallaðar síðmyndaðar steindir og eru ummyndunarstig í basalti kennd við nokkrar tegundir þeirra og koma nöfn geislasteina fyrir í nöfnum sumra ummyndunarbeltanna.



Mynd 3. Ummyndunarbelti í berggrunni á Mið-Norðurlandi (Vaðlaheiði).

Yfirleitt er berggrunnur umhverfis Eyjafjörð þéttur og því mettaður vatni, nema e.t.v. í efstu 200-300 metrunum í hæstu fjöllum. Hátt til fjalla ofan kabasít-tomsonít ummyndunarbeltisins eru berglög nokkuð jafnlek og vatn kemur víða fram í lindum í tiltekinni hæð þar sem ummyndunar fer að gæta eða þar sem þétt setlög liggja í berginu. Þessi þétting með tilheyrandi lindarennisli verður víða í 500-900m hæð y.s. Glögg skil í vatnsleiðni verða t.d. stundum á efra borði ummyndaðs ólivínbasalts auk þéttiskila á yfirborði setbergslaga.

Þegar kemur niður í kabasít- tomsonít ummyndunarbeltið og neðar í jarðlagastafla er vatnstreymi í berginu nær eingöngu bundið við sprungur, misgengi og brotaberg á

jöðrum bergganga. Jarðvatnsstaða og lindasvæði eru talin auka frostveðrun við lágt hitastig, þannig að rofflötur (og jafnvel breiður stallur) geti myndast í fjallshlíð nærri jarðvatnsborði. Þetta má víða sjá þar sem lindalínur koma fram í hliðstæðri hæð og skálabotnar í fjöllum í reglulegum basaltstafla sumsstaðar við Eyjafjörð.

1.6 Brotalínur og höggun bergs

Vestan Eyjafjarðar er aðalstefna bergganga NNA-SSV (Kristján Sæmundsson og fl. 1980). Gangarnir eru víðast 2-8m þykkir en einstaka gangar eru allt að 20m. Gangar eru líkt og misgengin nær lóðréttir í upphafi, en hallast venjulega með jarðlagastaflanum. Þeir eru ýmist aðfærsluæðar hraunlaga, eða enda uppi í jarðlagastaflanum án þess að bergkvikan hafi náð yfirborði. Gangarnir, eins og misgengin, endurspeglar togspennu í skorpunni þar sem bráðin bergkvika þrýstir sér upp um togsprungu.

Austan Eyjafjarðar er berg mjög brotið á norðanverðum Flateyjardalsskaga enda er þaðan stutt norður að þverbrotabeltinu sem kennt hefur verið við Tjörnes. Suður um miðjan Flateyjardalsskaga og þaðan suður miðjan Fnjóskadal gengur mjótt belti þar sem jarðlög eru snöruð til austurs með 15-20° halla. Auk snörunarbeltisins í Fnjóskadal er berg í Vaðlaheiði mikið brotið. Bæði eru þar gömul brot með traustu endursamlímdu bergi og einnig brot sem líklega hafa gjökkt eða gengið til fram á síðustu ár og þannig haldið við vatnsleiðni og jafnvel lausri bergmylsnu.

1.7 Mótun landslagsins

Síðla á tertíertíma lá Eyjafjarðarsvæðið austan við gosbelti rekássins um Ísland. Ætla má, að þá hafi megineldstöðvarnar risið nokkur hundruð metra (og jafnvel mörg hundruð metra) yfir hásléttuna svo sem umhverfis Öxnadal og jafnvel á Flateyjardalsheiði og suður við Villingadal í innanverðum Eyjafirði. Fyrir um 6-7 milljónum ára varð upplausn og hliðrun í gosbeltinu og reif það sig upp austan Flateyjardalsskaga og Bárðardals og hefur haldist þar síðan. Hliðrun gosbeltisins olli miklum umbrotum í bergskorpunni, einkum við norðurstöðina þar sem þverbrotabelti myndaðist frá gamla rekhyggnum austur í hið nýja gosbelti um Ísland (milli Mið-Suðurlands og Skjálfandaflóa - Öxarfjarðar). Umbrotin hafa vafalítið stuðlað að myndun sigstalla og dælda í berghleif Mið-Norðurlands sem síðar urðu dalir og loks firðir.

Þegar loftslag fór kólnandi undir lok tertíer, tóku jöklar að myndast, fyrst á megineldstöðvunum sem hæst risu. Ein megineldstöðin trónaði stök austan núverandi Eyjafjarðar og má leiða líkur að því að slakki hafi verið milli hennar og eldstöðvanna í Fljótum og Öxnadal.

Frá austurhlíðum hásléttu Tröllaskaga skriðu jöklar og þræddu norður til strandar eftir farvegum sem myndast höfðu með ýmsu mótum, e.t.v. mest af brotahreyfingum í berggrunni og rennandi vatni. Samsvarandi aðstæður mynduðust að vestanverðu, þar sem dalir í Skagafirði beindu skriðjöklum norður til hafs. Í fjallendinu beggja vegna Eyjafjarðar varð til svonefnt Alpalandslag, þar sem jökulstreymið átti greiða leið til flestra átta (nema síst inn til landsins). Landið einkennist af djúpum dölum og fjörðum með stuttar skálar hátt uppi á milli hvassbrýndra fjalla. Eftir því sem Eyjafjörður og dalir beggja vegna hans dýpkuðu, hafa skriðjöklar safnast í þá í miklum meginstraumi

sem þokaðist til norðurs. Yfirborð skriðjöklanna var líklega að jafnaði miklu lægra en meginfjöll Tröllaskaga og Flateyjardalsskaga, náðu e.t.v. varla upp í miðjar hlíðar.

Ummerki um þetta forna rof og dalamyndun má sjá víða í Skagafirði og á fáeinum stöðum í Eyjafirði. Frá miðhluta ísaldar eru miklar gosmyndanir í utanverðum Skagafirði (svo sem Þórðarhöfði, Drangey, Ketubjörg og víðar) og í innri hluta Skagafjarðarhéraðs eru setlög og stakar hraunamyndanir sem líklega eru frá mið- eða síðari hluta ísaldar (svo sem ung basaltlög í liðlega 500m hæð y.s. við Kotagil í Norðurárdal og í tæplega 400m hæð y.s. í Heiðarsporði innar í Norðurárdal).

Í Eyjafirði sjálfum er ekki að finna neinar slíkar gamlar hraunfyllur í dölum, nema í utanverðum Fnjóskadal og í Helguhóli (framundan Dalsmynni) utan við Laufás. Aldursgreiningar á yngri hraunlögum í hlíð Fnjóskadals utan Draflastaða sýna að botn Fnjóskadals er kominn niður fyrir 250m y.s. fyrir 500-600 þúsund árum og aldursgreiningar á Helguhóli sýna að þar er land komið í núverandi hæð y.s. fyrir tæplega 200 þúsund árum.

Þetta eru vísbendingar um að Eyjafjörður og Skagafjörður hafi verið komnir niður undir núverandi dýpt fyrir milljónum ára.



Mynd 4. Horft af Hálsfjalli norður Fnjóskadal. Ofan við grúa flákann fjarst við dalbotninn er brík úr basalti, fornt hraunlag sem runnið hefur norður dalinn eftir að hann var kominn langleiðina niður undir núverandi dýpt. Basaltið hefur verið aldursgreint og myndaðist það fyrir um 550 þúsund árum.

1.8 Laus jarðlög

Laus jarðlög, bæði lífræn og ólífræn liggja mjög misdreift umhverfis Eyjafjörð.

1.8.1 Jökulruðningur

Jökulruðningur er víða í þverdölum, dalsmynnum og stundum inni í miðjum dölum. Mestur er jökulruðningurinn í haugum í innhluta Eyjafjarðar og í Fnjóskadal en víða eru mismunandi samfelldar skánir úr jökulruðningi í dalahlíðum. Svo eru aðrir staðir sem eru næsta lausir við jökulruðning svo sem á Svalbarðsströnd og við Akureyri. Vaðlaheiði er að miklu leyti klædd þunnum jökulruðningi nema á þeirri hlið er snýr að Eyjafirði.

1.8.2 Malarhjallar

Við lok síðasta jökulskeiðs reis sjávarborð í kjölfar bráðnunar jökla. Mynduðust þá malarkenndar óseyrar þar sem ár runnu til sjávar á hverjum tíma. Hæst sjást sjávarmörk í Melgerðismelum í um 35m hæð y.s., við neðanverða Hörgá eru hjallar

nærri 20m hæð y.s. auk þess sem malarhjallar finnast á sjávarbotni framan við ós Hörgár. Einnig eru slitróttir hjallabútar við utanverðan Svarfaðardal og í Ólafsfirði.

Austan Eyjafjarðar eru jarðfræðilega merkilegir malar- og sandhjallar í Fnjóskadal, líklega myndaðir við staðbundið vatn eða lón sem hélst uppi í Fnjóskadal, vafalítið vegna mismunandi hæðarstöðu jökla í Eyjafirði á síðasta jökulskeiði. Þessir sethjallar hafa talsverð áhrif á staðarval eystri munna Vaðlaheiðarganga.

1.8.3 Frostveðraðar urðir

Á utanverðum skögum norðanlands svo sem á Tröllaskaga og háfjöllum allt inn á Nýjabæjarfjall eru útbreiddar frostveðraðar urðarþekjur. Svipaðar aðstæður eru um Flateyjardalsskaga suður fyrir Dalsmynni og suður fyrir Ljósavatnsskarð austan Fnjóskadals, þar eru öll háfjöll þakin frostveðraðri urð úr köntuðu grjóti. Þykkt frostveðruðu urðarflákanna virðist vera í hámarki við Eyjafjörð norður frá Svarfaðardal vestan fjarðar og norður frá Dalsmynni austan fjarðar. Þessar urðarþekjur eru minni og þynnri inn til dala en þekja þó gjarnan efri fjallakraga dalanna.

Urðarþekjur af þessum toga skriða gjarnan undan hlíðarhalla og á Siglufjarðarvegi hefur skrið á slíkum urðartungum mælt 0,1 til 1 meter á ári og algengt að skriðhraðinn sé 0,2-0,5 m/ári. Þessar hreyfingar eru fyllilega sambærilegar við það sem mælt hefur verið í virkum urðarjöklum hærra í fjöllum Tröllaskaga.

1.9 Jöklar og urðarjöklar á nútíma

Við Eyjafjörð liggja jöklunarmörk (hæðin sem jöklar taka að myndast við) nokkru lægra á norðanverðum skögunum en sunnantil. Norðan við Ólafsfjörð og í Fjörðum austan Eyjafjarðar myndast jöklar í um 900-1000m háum fjöllum en sunnan Öxnadalshéiðar eru jöklar því aðeins að fjöll séu yfir 1100-1300m að hæð.

Á Tröllaskaga og Flateyjardalsskaga eru fjölmargir virkir urðarjöklar. Margir urðarjöklanna eru samsettir úr fleiri en einum urðarstraumi, bæði liggja straumarnir samhliða og stundum gengur hver urðartungan yfir aðra. Bæði virkir og óvirkir urðarjöklar eru varasamir hvað varðar upptök aurskriða og líklega mestu skriðvaldar héraðs.



Mynd 5. Frostveðraðir urðarþekjur sýna fram yfir strandlínur fornra lóna í utanverðum Fnjóskadal.

2 Almennar aðstæður fyrir jarðgöng undir Vaðlaheiði

Á tuttugustu öldinni hefur verið um þrjár leiðir að ræða fyrir bílaumferð milli Eyjafjarðar og eystri hluta Norðurlands. Í fyrsta lagi um langan krók norður í Dalsmynni og um seinfæran erfiðan veg inn strönd Eyjafjarðar. Í öðru lagi um snjóþungan veg yfir Vaðlaheiði og Steinsskarð. Í þriðja lagi um núverandi veg um Víkurskarð sem bæði er krókur og fjallvegur þótt lágur sé.

Allmargar hugmyndir hafa komið fram um mismunandi gangaleiðir undir Vaðlaheiði. Leiðin sem unnið er að undirbúningi og rannsóknum á, liggur frá heimatúninu á Skógum í Fnjóskadal að núverandi hringvegi ofan við bæinn Hallandsnes á Svalbarðsströnd. Vesturmunninn er áformaður skammt norðan við áningastað sem er við hringveginn gegnt eyrinni á Akureyri.

Áður hafa farið fram allmiklar jarðfræðithuganir á bergstaflanum í Eyjafirði og hlíðum innan Vaðlaheiðar, aðallega unnið af Kristjáni Sæmundssyni hjá Orkustofnun í tengslum við jarðhitaöflun fyrir hitaveitu á Akureyri. Lítið hefur legið fyrir varðandi berggrunn í austanverðri Vaðlaheiði og í Fnjóskadal.

2.1 Berggrunnur

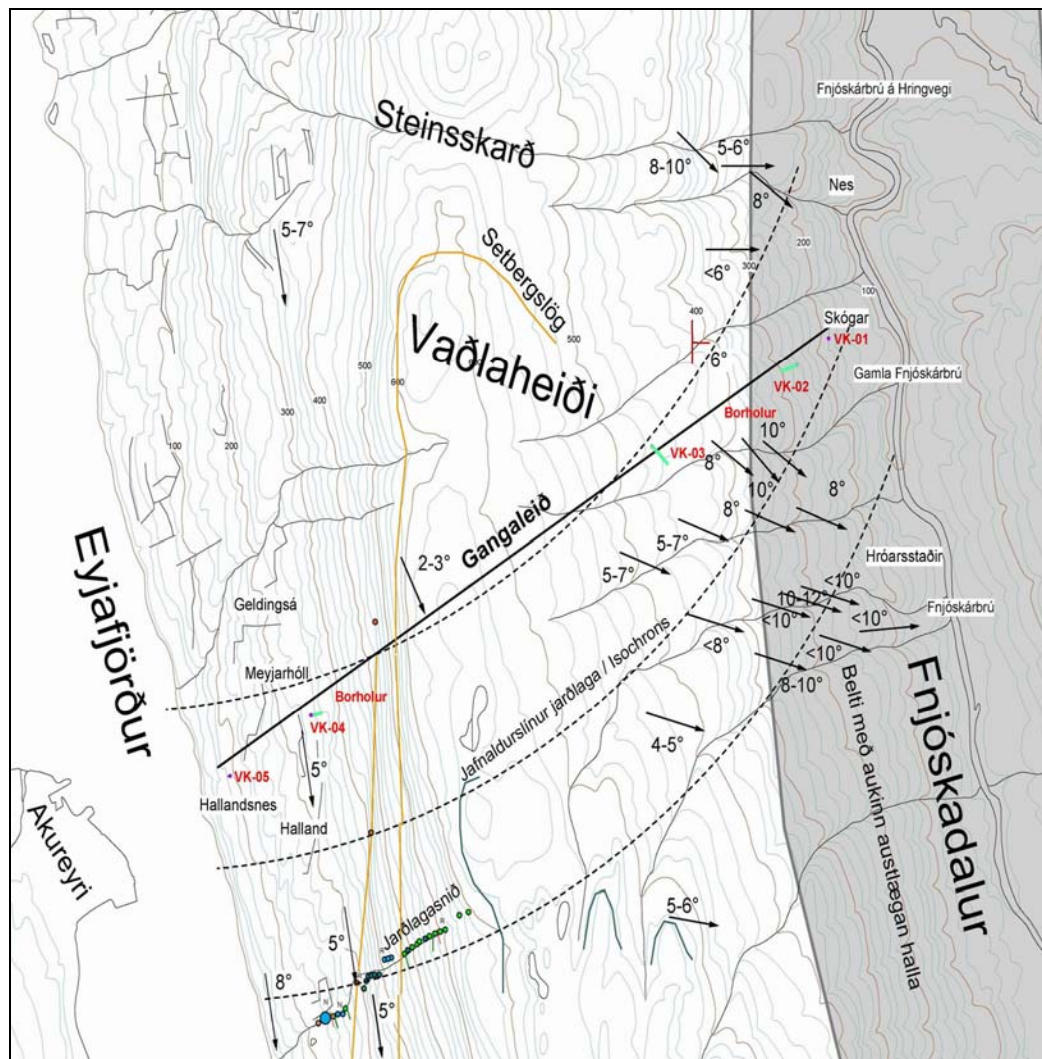
Jarðlög milli Eyjafjarðar og Fnjóskadals hafa líklega byggst upp fyrir 9 til 7,5 milljónum ára. Sýnishorn af bergi við veginn upp í Víkurskarð hefur verið aldursgreint og er það 8,6 milljón ára. Annað sýni litlu norðar, við Krókagerði sýndi 8,9 milljón ár.

Berglög í fjallgarðinum undir Vaðlaheiði eru eingöngu basalhraunlög með óverulegum millilögum í neðri hlutanum en hærra í Vaðlaheiði verða millilög úr setbergi algeng. Neðan gamla Vaðlaheiðarvegarins, sem liggur ofan byggðar út og upp Svalbarðsströnd, er algengt að sjá 5-12m þykk þóleið basaltlög, oft aðskilin með þunnum rauðum millilögum. Nálægt ströndinni (þar sem sér í berg) er algengt að rekast á bergganga.

Hærra í Vaðlaheiði er algengt að finna ólívínbasalt og dílabasalt, sterklegt basalt og yfirleitt hagstætt til gangagerðar. Í efri hluta Vaðlaheiðar eru nokkur millilög úr setbergi sem að uppruna er súr gjóska, líklega komin frá öflugum gjóskugosum í megineldstöðinni sem kennd er við Öxnadal. Slík setlög eru erfið í jarðgangagerð en í Vaðlaheiði er gert ráð fyrir að gangaleiðin liggi neðan við mestu setlögin og verði lítt fyrir áhrifum af þeim. Lega helstu bergsyrpa er sýnd á teikningu 5.

2.2 Jarðlagahalli

Áður en kom til rannsókna vegna Vaðlaheiðarganga lá fyrir talsverð jarðfræðipekking um svæðið, að miklu leyti unnin af starfsmönnum Orkustofnunar í tengslum við öflun jarðhitavatns fyrir Akureyrarbæ. Meðal annars höfðu verið skilgreindar bergsyrpur innar og vestar í Eyjafirði og þær raktar yfir í Vaðlaheiði. Sumarið 2004 lýsti höfundur nokkrum stuttum jarðlagasniðum í vesturhlíð Vaðlaheiðar og bar saman við eldri jarðfræðikort frá Orkustofnun (sjá heimildir). Hugmyndir höfundar um tengingu jarðlaga gegnum Vaðlaheiði eru lauslega sýndar á mynd 5 og jarðlagasniði á teikningu 4 og eru þær frábrugðnar fyrri hugmyndum starfsmanna Orkustofnunar.



Mynd 6. Kort er sýnir jarðlagahalla milli Eyjafjarðar og Fnjóskadals og um leið hvernig ætla má að jarðlög liggja gegnum Vaðlaheiði. Skyggða svæðið sýnir belti með brattari og austlægari jarðlagahalla. Brotalínur sýna strikstefnu jarðlaga. Daufar brúnleitar línur sýna setbergslög sem ganga hallandi upp Vaðlaheiði til norðurs. Kjarnaborholur VK-01 til VK-05 eru sýndar meðfram jarðgangaleiðinni. (Norður á myndinni er upp).

Berglögum milli Eyjafjarðar og Fnjóskadals hallar í stórum dráttum til suðurs nærri strönd Eyjafjarðar en til ASA nærri botni Fnjóskadals. Í neðstu 200m ofan sjávarmáls en hallinn 7-10° en minnkar með vaxandi hæð í fjöllum. Jarðlagahalli hefur verið mældur víða nærri fyrirhugaðri jarðgangaleið og eru niðurstöður sýndar á mynd 6 og á teikningu 1. Efst í hrygg Vaðlaheiðar er hallinn um 2-3° til SSV. Austantil í heiðinni (ofan við 500m hæð y.s.) er hallinn um 4-7° til SA og ASA. Neðar í brekkum Fnjóskadals vex hallinn í 8-10° til ASA. Þessi stefnu- og hallabreyting frá strönd Eyjafjarðar yfir í Fnjóskadal veldur því að jarðgöng skera jarðlagaskil með mismunandi hætti gegnum fjallið. Ef gangaleiðinni er fylgt til austurs, fer hún fyrst upp í jarðlagastaflann en austan við miðja leið fylgir hún líklega jarðlögum nokkurn spöl uns jarðlögum hallar að austanverðu niður gegnum gangaleiðina.



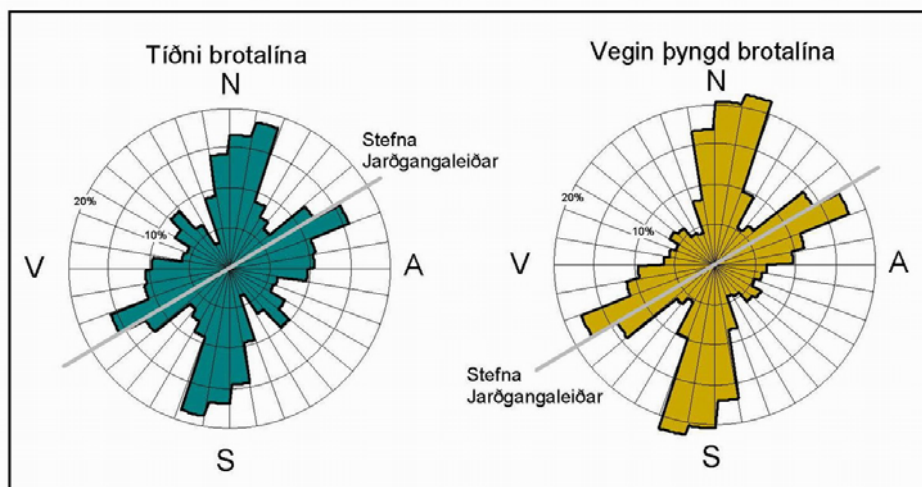
Mynd 7. Bergspildur með um 15° halla til ASA í Dalsmynni í utanverðum Fnjóskadal.

2.3 Ummyndun og vatnsstreymi í bergi

Almennt má segja að berggrunnurinn í Vaðlaheiði sé mettaður vatni, nema e.t.v. efst í hryggnum. Bergið er yfirleitt vel holufyllt, þétt og jarðvatnsborð því oftast við yfirborð (sjá mynd 3). Að auki eru setbergslög úr súrri gjósku sem liggja að miklu leyti í 350 til 450m hæð y.s (nærri vænlegri gangaleið) mjög vatnsþétt og hindra verulega lóðrétt vatnsstreymi. Helst getur jarðvatn hreyfst um berggrunninn þar sem þóleiðsyrpur eru á vesturhluta jarðgangaleiðarinnar og svo í opnum misgengjabrotum og berggöngum í berginu.

2.4 Brotalamir í berggrunni

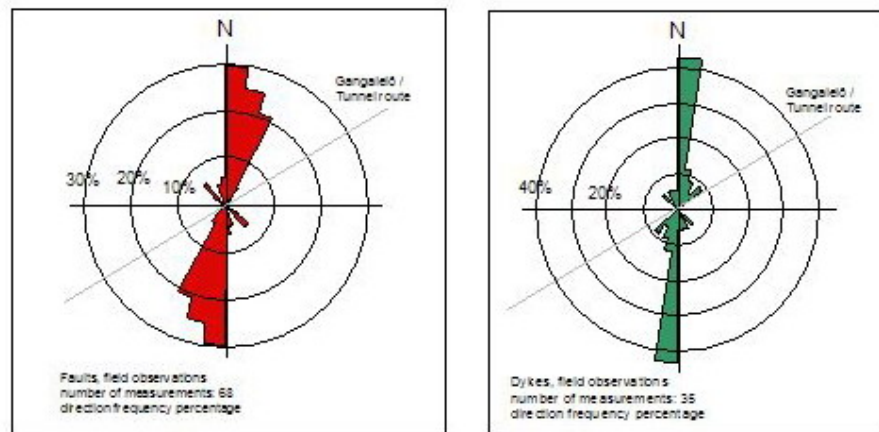
Við fyrstu sýn virðist berg í Vaðlaheiði vera tiltölulega heilt og vel samlímt. Vesturhlíðin er veit að Eyjafirði er með tiltölulega þunna jarðvegshulu þar sem víða sér í berg. Í efsta hluta Vaðlaheiðar og í austurhlíðum er þykkari og samfelldari jarðvegshula og sést aðeins í berg í giljum og einstaka bríkum. Eftir því sem rýnt er fastar í loftmyndir sjást fleiri línulegar misfellur sem taldar eru fela sprungur, misgengi eða bergganga. Tíðnirós fyrir stefnur allra brotalína sem eru sýnilegar við Vaðlaheiði milli Svalbarðsstrandar og Fnjóskár auk stefna þekktra misgengja og bergganga er á mynd 8.



Mynd 8. Stefnudreifing brotalína er sjást á loftmyndum við Vaðlaheiði auk stefna misgengja og bergganga. Til vinstri er tíðnirós er sýnir stefnudreifingu brotalínanna. Til hægri er stefnudreifing brotalína með hliðsjón af lengdum einstakra lína og sýnir því e.t.v. betur stefnu og “styrk” einstakra brotalínustefna.

2.4.1 Misgengi

Örfá ummerki um misgengi sjást í vesturhlíðum Vaðlaheiðar. Stefna þeirra liggur nokkuð dreift, helst til norðurs og til NV. Nokkur brotabelti sem ætla má að séu fylgifyskar misgengja eru í flestum giljum í austurhlíð Vaðlaheiðar. Stefna þeirra er að mestu mjög samhliða N-S. Sjaldgæft er að sjá eða greina hversu mikið missig verður á bergi um misgengi en þykkt á misgengisbreksíu sem sést á einstaka stað bendir til að missig geti verið margir metrar eða jafnvel tugir metra. Misgengisbreksían er byggð upp úr köntuðum steinum sem steyptrir eru í fínkorna mulning, leifar setlaga, útfellingar úr geislasteinum, leir og ópal. Nær einhlítt er að misgengisfletinum halli niður undir signu spilduna. Halli misgengisflata er í flestum tilvikum á bilinu 80-90° og virðist halli jarðlagastafans ekki breyta þar miklu.



Mynd 9. Stefnudreifing misgengja og bergganga við Vaðlaheiði. Til vinstri er tíðnirós fyrir 68 misgengi sem fundist hafa á Svalbarðsströnd og í austanverðri Vaðlaheiði. Til hægri er stefnudreifing 35 bergganga sem fundist hafa á sama svæði.

2.4.2 Berggangar

Við ströndina gegnt Akureyri eru nokkrir áberandi berggangar sem stefna N-S. Sumir þeirra eru samsettir úr mörgum samhliða gangaæðum sem geta myndað nokkurra tuga metra breið gangaknippi sem ganga til norðurs upp í hlíðarnar. Suma má rekja nokkurn spöl en fleiri verða fljótt mjög ógreinilegir í landinu. Auk N-S stefnu ganganna eru nokkrir sem stefna NNA-SSV. Í austanverðri Vaðlaheiði sáust aðeins 5 gangar og mældist stefna þeirra nálægt N-S en þó með nokkrum frávikum Tíðni bergganga lækkar jafnan með vaxandi hæð yfir sjávarmáli. Búast má við út frá tíðni og þykkt bergganga sem sjást á yfirborði og í borholum að vestantil í Vaðlaheiði sé hlutfall bergganga a.m.k. 6-10% af berginu og í austanverðri heiðinni sé hlutfallið 3-6%.

Meginstefna bergganga er nálægt 10° austan við norður og er því meginstefna jarðganganna tiltölulega þvert á berggangana (sjá mynd 9). Á fyrirhuguðum jarðgangaleiðum er hlutfall bergganga í berginu breytileg á bilinu frá 2% og upp í 7% þar sem gangaskarar liggja um. Þykkt einstakra ganga hefur mælst frá 1-14m og meginstefna ganga er á bilinu 5-15°. Halli bergganga er yfirleitt um 85° með bratta til austurs og virðist vera að meginþorri þeirra hafi snarast til suðvesturs með halla jarðlagastafans.

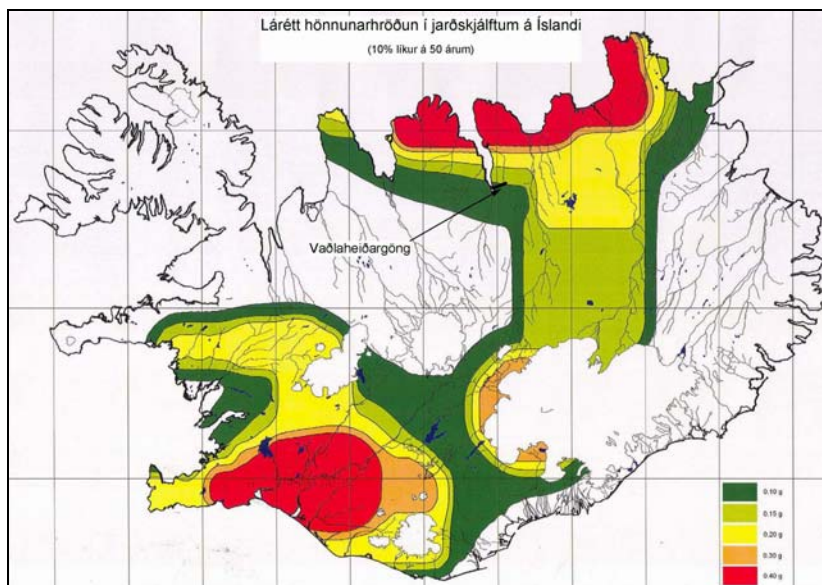
Teikningar 2, 3 og 4 sýna staðsetningu brotalína, misgengja og ganga nærri fyrirhugaðri jarðgangaleið í Vaðlaheiði.



Mynd 10. Berggangar í fjörinni sunnan við Hallandsnes. Yfirleitt eru gangarnir ekki áberandi frábrugðnir grannberginu (varðandi bergtæknilega eiginleika).

2.5 Jarðskjálftar

Harðir jarðskjálftar hafa átt upptök á norðanverðum Tröllaskaga og Flateyjardalsskaga og einnig á landgrunninu þar fyrir utan. Þeir tengjast Tjörnes brotabeltinu sem líta má á sem hliðstæðu brotabeltisins á Suðurlandi sem veldur sögulegum Suðurlandsskjálftum. Jarðskjálftar á þessum slóðum eiga líka mikinn þátt í að viðhalda jarðhitakerfum á norðanverðum skaganum þar sem höggbylgjur skjálftanna brjóta öðru hvoru upp útfellingar úr jarðhitavatni sem leitast við að setjast í sprungur sem heitt vatn leikur um. Jarðskjálftar eru tiltölulega tíðir á beltum sem liggur frá Dalvík norðvestur í Fljót og austur í Dalsmynni (sjá mynd 11).



Mynd 11. Breytilegur áhrifamáttur jarðskjálfta á Íslandi. Vaðlaheiði liggur utan mestu áhrifasvæða jarðskjálfta en þó ekki á alkyrru svæði.

2.6 Ummyndun bergs

Efst í Vaðlaheiði má víða finna smáa kristalla af kabasíti. Slíkar útfellingar eru algengar í borholu sem er í 500m hæð á austanverðri heiðinni. Neðar finnast analsímkristallar og svo skólesít. Bergið á jarðgangaleið tilheyrir mesólít-skólesítbeltinu (sjá mynd 3. Ólivínbasalt og dílabasalt er almennt vel holufyllt og verður bergið að teljast heppilega mikið ummyndað með tilliti til jarðgangagerðar. Lektarprófanir í borholum sýndu að almennt er bergið þétt en einstaka sprungur sem borholurnar skáru gegnum láku mjög mikið.

2.7 Jarðvatn

Ummyndun og holufyllingar stýra að miklu leyti vatnsstreymi í bergi. Efsti hluti fjalla umhverfis Eyjafjörð eru gerðir úr fersku lítt holufylltu bergi og því tiltölulega vel vatnsleiðandi. Vatnið hríslast þar um lagmótakarga og innra sprungunet basaltlaganna. Neðan 400-600m hæðar y.s. í Vaðlaheiði er almennt mjög lítil lekt í berginu (sérstaklega ólivínbasalti og dílabasalti) svo sem greina má á djúvaveitum og stökum lindum hátt í fjöllum þar sem vatnið sem síast hefur inn í efsta hluta fjallanna kemur fram. Í neðri hluta fjalla er lektin að mestu bundin við sprungur og bergganga. Í Vaðlaheiði er bergmassinn yfirleitt þéttur vegna útfellingasteinda. Þó er þóleiúbasalt á vesturhluta jarðgangaleiðar minna holufyllt og er meira vatnsleiðandi en annað berg í Vaðlaheiði.

Við boranir kom í ljós að sumar misgengissprungur og bergganga eru mjög vel vatnsleiðandi. Í borholum VK-02 og VK-03 stóð jarðvatn á 40 og 70m dýpi undir yfirborði eftir að borun holanna lauk. Er talið að vatnið hafi leitað leiða út um sprungur í berginu.

2.8 Jarðhiti.

Í Eyjafirði og umhverfis hann er útbreiddur jarðhiti sem flokkaður er sem lágþiti. Jarðhiti á yfirborði er útbreiddur á norðanverðum Tröllaskaga en verður strjálí er kemur suður um Svarfaðardal og Hörgárdal. Við Laugaland í Eyjafirði er mikill hiti í jörðu, miklu meiri en ráða hefði mátt af volgrum sem frá fornu voru þar kunnar á yfirborði. Austan Vaðlaheiðar er mikill jarðhiti á Reykjum í Fnjóskadal og við Stóru-Tjarnir í Ljósavatnsskarði. Þessir þrír síðastnefndu staðir eru allir í um 10 og 15 km fjarlægð frá áformuðum Vaðlaheiðargöngum. Minni jarðhiti er norður frá Vaðlaheiði, á Draflastöðum og nærri Grenivík.

Jarðskjálftar viðhalda jarðhitakerfum þar sem höggbylgjur skjálftanna brjóta öðru hvoru upp útfellingar sem sest hafa til í berggöngum og gömlum misgengjum sem heitt vatn leikur um. Mikil lekt hefur mælst í nokkrum sprungum í Vaðlaheiði en óvíst er að jarðhiti finnist í tengslum við þær og ekkert varð vart við jarðhita í rannsóknarborunum.

3. Rannsóknaboranir

Rannsóknarboranir vegna Vaðlaheiðarganga fóru fram í júlí til loka nóvember 2005. Ræktunarsamband Flóa og Skeiða annaðist boranir. Að jafnaði unnu þrír við borunina og var Magnús Gíslason borstjóri.

3.1 Boranir með loftbor

Rannsóknarboranir hófust um 20. júlí með könnun á þykkt lausra jarðlaga í sethjöllum í Fnjóskadal þar sem borað var með loftbor gegnum laus jarðlög niður í berg. Í fyrstu var hugað að þremur mögulegum munnasvæðum, einu í túninu ofan við bæinn Skóga, öðru svæði um 300m sunnan við bæjarhúsin og því þriðja um 500m norðar. Boraðar voru alls 20 holur, samanlagt tæplega 180 bormetrar, dýpsta holan var 18m djúp og sú grynna 4m. Minnsta dýpi á fast berg var um 3m en dýpst reyndist yfir 10 m. Niðurstöður borana sýndu mjög þykk laus jarðlög á syðsta hugsanlega munnastaðnum og hefði staðsetning ganga þar leitt til mjög langs gangaskála. Aftur á móti reyndust aðstæður fyrir gangamunna þokkalega hagstæðar á báðum hinna nyrðri staðanna og hefur staður ofan við Skógabæinn orðið fyrir valinu. Staðsetningar borholanna eru á teikningum 11 og 14 og lýsingar þeirra á teikningum í viðauka 3. Öllum borholum er lýst á ensku.

Nafn Name	Staðsetning austur X-Coordinate	Staðsetning norður Y-Coordinate	Hæð m y.s. Elev. m a.s.l.	Dýpi m Depth m
VL-01	549768	581257	160	9
VL-02	549619	581141	200	10,5
VL-03	549533	581506	195	6
VL-04	549485	581530	200	10
VL-05	549564	581529	180	4
VL-06	549570	581478	180	9
VL-07	549629	581524	170	10
VL-08	549542	581409	200	9
VL-09	549618	581599	170	6
VL-10	549688	581592	159	6
VL-11	549458	581881	185	6
VL-12	549348	582023	195	6
VL-13	549474	581980	180	12
VL-14	549462	582034	180	9
VL-15	549506	582055	180	9
VL-16	549496	582106	165	9
VL-17	549538	582100	150	9
VL-18	549660	581234	180	12
VL-19	549663	581718	150	9
VL-20	549490	581426	211	18
Samanlögð loftborun / Total percussion drilling				178,5

Tafla 1. Loftborsholur í Fnjóskadal. Staðsetningar hola og dýpi. Percussion drillholes in Fnjóskadalu, location and depth.

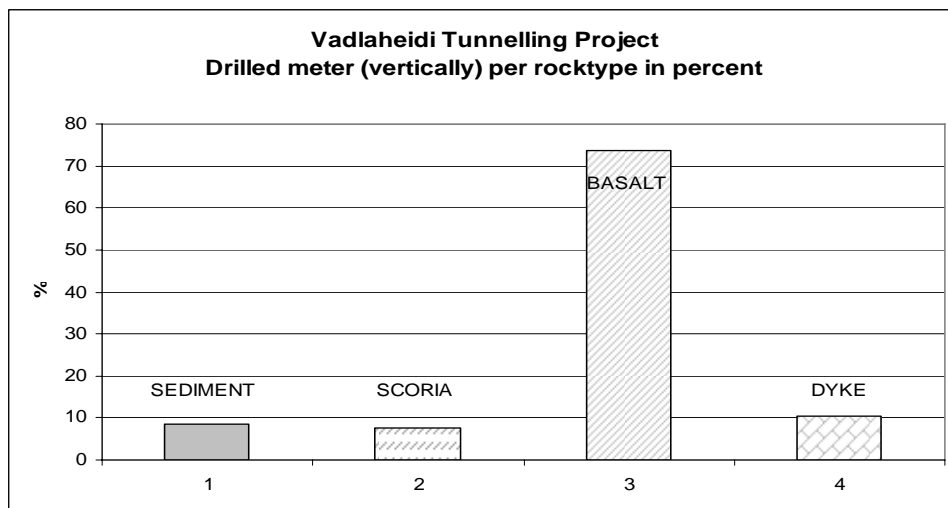
3.2 Kjarnaboranir

Kjarnaboranir í berggrunn hófust í annarri viku ágústmánaðar 2005 við álitlegasta munnastað nærri Skógum í Fnjóskadal. Borunum lauk á Svalbarðsströnd í lok nóvember sama ár. Í töflu 2 er gefið yfirlit yfir staðsetningu og dýpi borhola, auk þess sem staðsetning þeirra er sýnd á teikningu 1 ásamt fleiri staðsetningarkortum. Hola VK-05 hefur verið mæld inn með nákvæmni en aðrar holur hafa aðeins verið mældar með GPS-handtæki. Hæð þeirra er studd með staðsetningu þeirra í hæðarlínugrunni. Ekki er þetta talið rýra mikið gildi þeirra en frávik GPS handtækis frá innmældum stöðum hefur reynst vera á bilinu 0 til 4m í láréttu plani en hæðin er ónákvæmari og við hæðarmat er stuðst við hæðarlínukort með 2m hæðarlínunum. Yfirlit yfir staðsetningu, dýpt og halla kjarnaborhola er í töflu 2. Lýsingar á öllum kjarnaholum eru á ensku.

Nafn holu Name	Bortími Year / week	Staðsetning X-Coord m	Staðsetning Y-Coord m	Hæð m y.s. Elev. m a.s.l	Halli Incl.°	Fóðurrör Casing m	Dýpi Depth m
VK-01	05 / 32	549545	581435	174	0	6,3	33,4
VK-02	05 / 33-34	549221	581198	280	45	15	201,3
VK-03	05 / 35-42	547771	580313	484	33	12	434
VK-04	05 / 45-47	544341	578243	231	32	9	204
VK-05	05 / 48	543530	577723	90,5	30	3,2	42

Tafla 2 Staðsetningar, halli og dýpi kjarnaborhola sem boraðar voru 2005. Location, inclination and depth of cored boreholes 2005.

Samanlagt dýpi kjarnaborhola var 915m og þar af voru stálfóðringar gegnum laus jarðlög í efsta hluta hola samtals um 45 m. Borun í berg er þá 870m og skilaði borkjarni sér upp úr 95% af þeirri lengd. Megnið af kjarnatapinu er talið verða í setlögum. Bergið skiptist eftirfarandi (sjá mynd 12): Basalt er 74%, basaltkargi 7,7% og hlutfall setlaga og kjarnataps er um 8,4%. Berggangar taldir nema að lágmarki um 10%. Þá er ótalið lítið brot af berginu sem er misgengisbreksía en hún er ekki reiknuð með vegna þess að erfitt er að skilgreina mörkin milli smábrotins bergs og misgengisbreksíu. Til misgengisbreksíu mætti þó líklega telja um 1,5-3% af basaltinu. Að neðan er fjallað um einstakar holur.



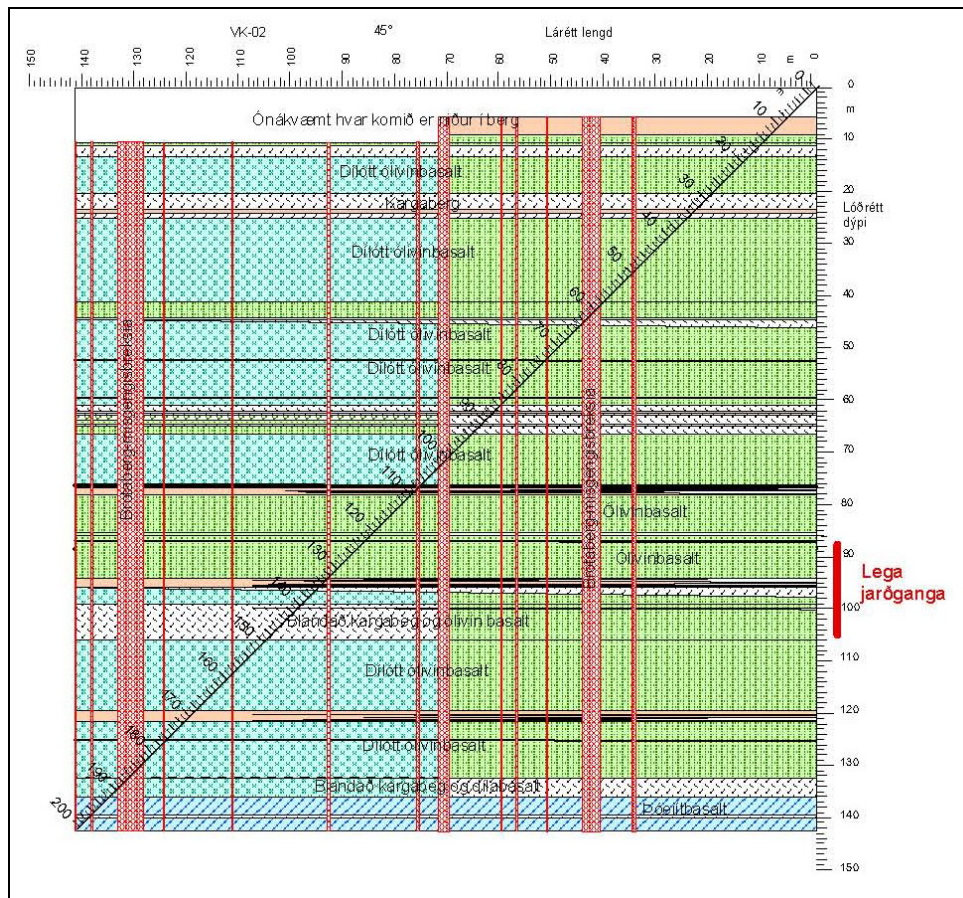
Mynd 12. Hlutfall mismunandi bergtegunda í borholum í Vadlaheidi.

3.2.1 Hóla VK-01

Kjarnaborun hófst með hólum VK-01 sem var boruð í um 190m hæð y.s. ofan við mögulegan gangamunna ofan við gömul útihús í Skógum. Hólan er talin gefa gott yfirlit yfir aðstæður í bergi við gangamunna. Hún er liðlega 33m djúp, kjarnaheimtan úr berginu var 92% og sýnir hún smásprungið basalt (RQD undir 30% og kjarnatap um 1 m) sem bendir til að talsvert þurfi að styrkja bergið næst gangamunnum. Ofar í holunni er 3m þykkt setbergslag með mjög lágan bergstyrk og þar varð liðlega 0,7m kjarnatap. Engin lektarprófun á berginu var gerð í holunni. Lýsing á holunni er á teikningu 1 í viðauka 1 og ljósmyndir af borkjarnanum eru í viðauka 2.

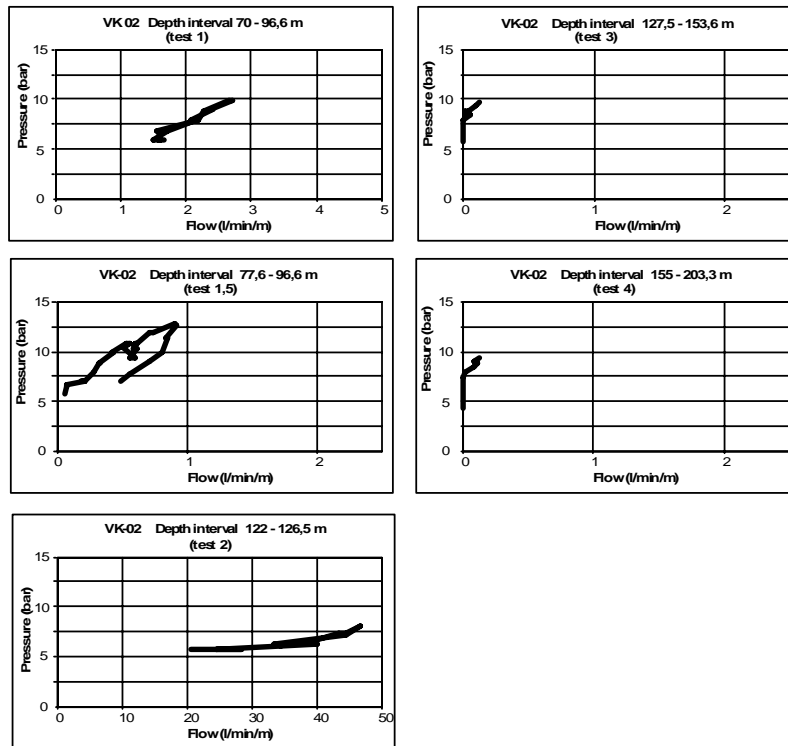
3.2.2 Hóla VK-02

Næst var farið hærra í brekkurnar og hólum VK-02 boruð í um 280m hæð y.s. og um 400m frá þeirri fyrstu. Hólan er liðlega 200m löng og var hún boruð með 45° halla til vesturs þar sem áhugi var á að bora gegnum áberandi brotalínu með N-S stefnu. Eftir að hafa farið gegnum 13m í lausum jarðlögum er kjarnaheimta 94% og heilleiki bergsins RQD tæplega 70%. Þrjú setbergslög, hvert um 3m þykkt eru neðan við miðhluta hólum VK-02 og í þeim öllum varð 20-30% kjarnatap. Þau eru öll óhagstæð til gangagerðar. Að öðru leyti er meginhluti bergsins sterklegt basalt. Gerðar voru 5 lektarprófanir í holunni (sjá mynd 14). Bergið reyndist almennt vera mjög þétt, aðeins varð vart við staðbundna lekt bergs á um 125m dýpi (líklega lak út um sprungur í berginu). Lýsing á holunni er á teikningu 2 í viðauka 1 og ljósmyndir af borkjarnanum eru í viðauka 2.



Mynd 13. Yfirlit yfir jarðfræðilegar aðstæður í borholu VK-02.

Borhola VK-02 Lektarprófanir / Permeability tests



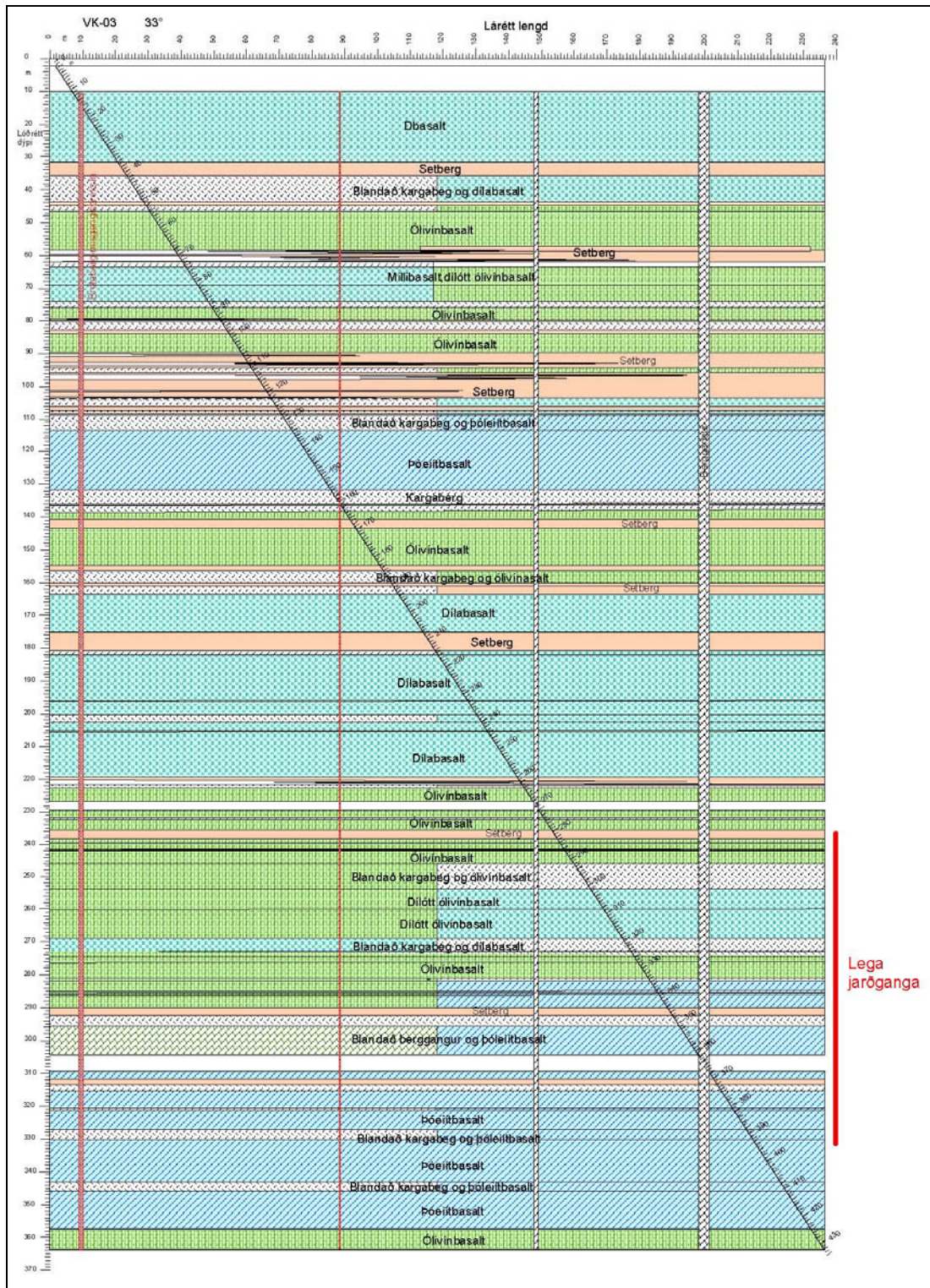
Mynd 14. Línurit yfir þrýsting og vatnsrennsli við lektarprófanir í holu VK-02. Ekkert lak neðan við 128m dýpi við 9 kg þrýsting.

3.2.3 Hóla VK-03

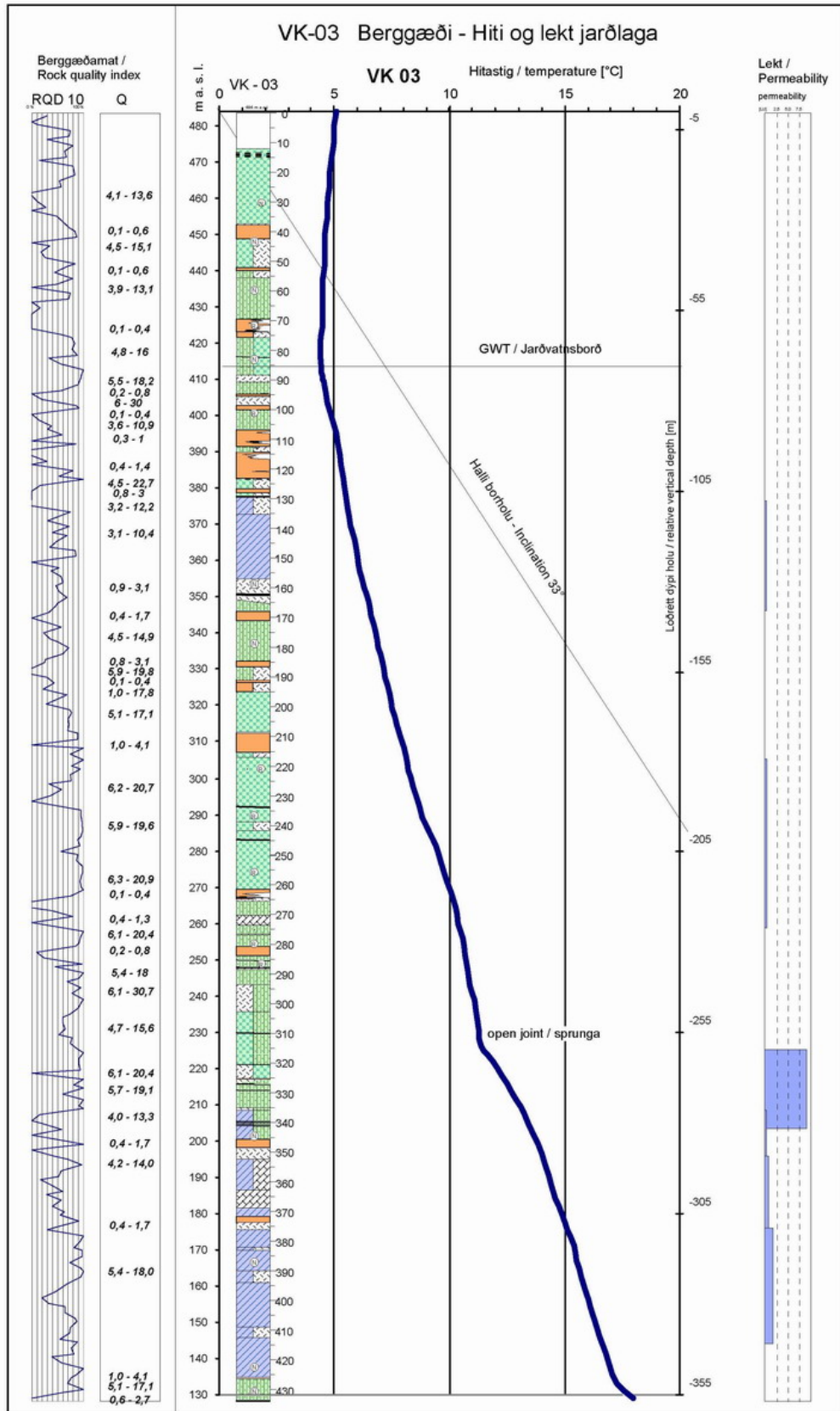
Síðla í ágúst voru bortæki flutt upp í 480m hæð þar sem hola VK-03 var boruð, 434m djúp með 33° halla til SA. Hallinn og stefnan voru valin til að skera áberandi brotalínur.

Holan var stálfóðruð frá yfirborði niður á 12m dýpi og borunin fór vel af stað en gekk síðan mjög hægt. Var það m.a. vegna seinboraðra setbergslaga sem farið var gegnum í efri hluta holunnar, þar sem í nokkur skipti þurfti að renna steypu í holuna til að styrkja kafla sem stöðugt molnaði úr. Setlög náðu samanlagt um 25m þykkt ofan 150m dýpis, auk eins sex metra lags á um 210m dýpi. Í þessum setlögum var kjarnatap á milli 20 og 35% í einstökum lögum. Ekki flýtti fyrir þrálát ótíð með snjóþyngslum og ófærð, enda farið á borstað um ógreiðfæra vegslóð. Gert er ráð fyrir að þykkustu setlögin fari gegnum Vaðlaheiði ofan jarðgangaleiðar (hærra) en önnur setlög dýpra í holunni og eru allt að 3-4m þykk, lendi á gangaleiðinni sem fer framhjá neðri hluta holunnar. Þessi setlög eru heldur sterkari en þau sem ofar liggja og kjarnatap var hverfandi neðan 265m dýpis í holu VK-03.

Kjarnaheimta úr berginu var liðlega 95% og heilleikastuðull bergsins (RQD) 67%. Sex lektarprófanir voru gerðar í holunni, allar neðan 130m dýpis (sjá mynd 17). Bergið reyndist mjög vatnspétt nema í prófun á 315-342m dýpi. Líklega var talsverð lekt þar bundin við sprungur á 340m dýpi. Hinn 21. október var borun hætt er bilun varð í bortækjum er botn holunnar var á 434m dýpi. Daginn eftir var holan hitamæld og tækin flutt af fjallinu. Nákvæm lýsing á holunni er á teikningu 3 í viðauka 1 og ljósmyndir af borkjarnanum eru í viðauka 2.

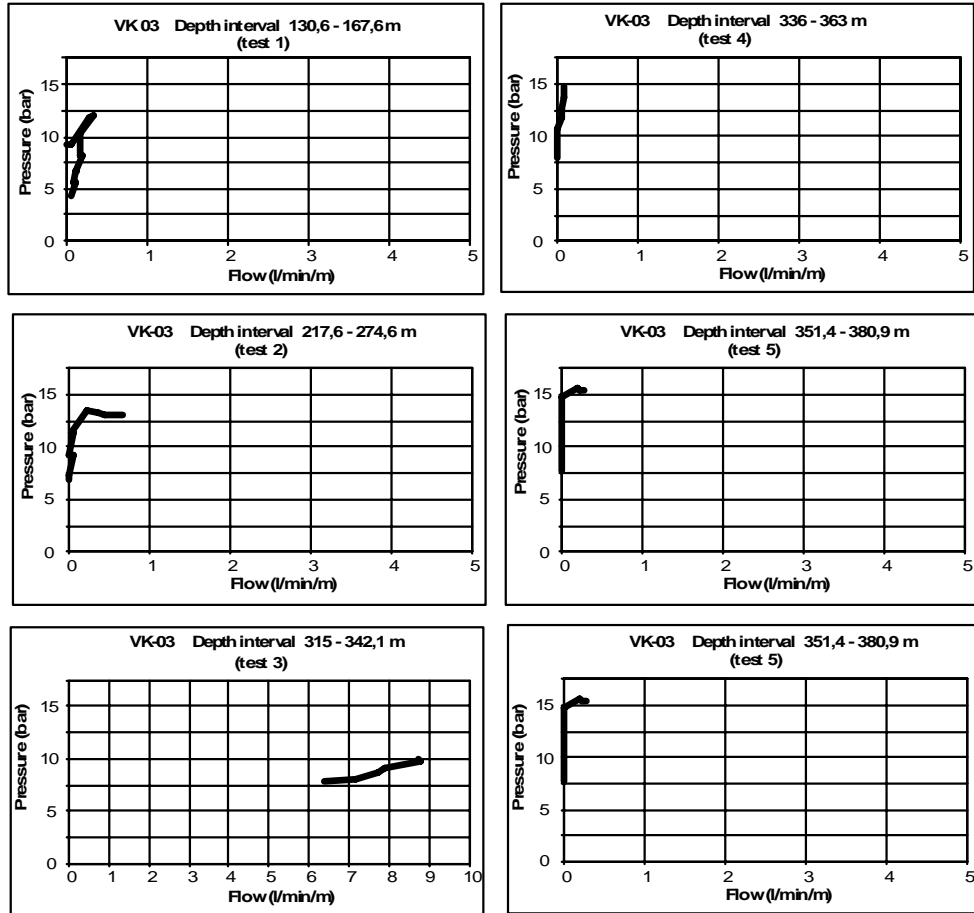


Mynd 15. Yfirlit yfir jarðfræðilegar aðstæður í borholu VK-03.



Mynd 16. Helstu upplýsingar sem komu fram við borun holu VK-03 Jarðgöngin munu skera berglög á um 270-400m dýpi í holunni. (Nánari borholulýsingar eru í viðauka 1).

Borhola VK-03 Lektarprófanir / Permeability tests



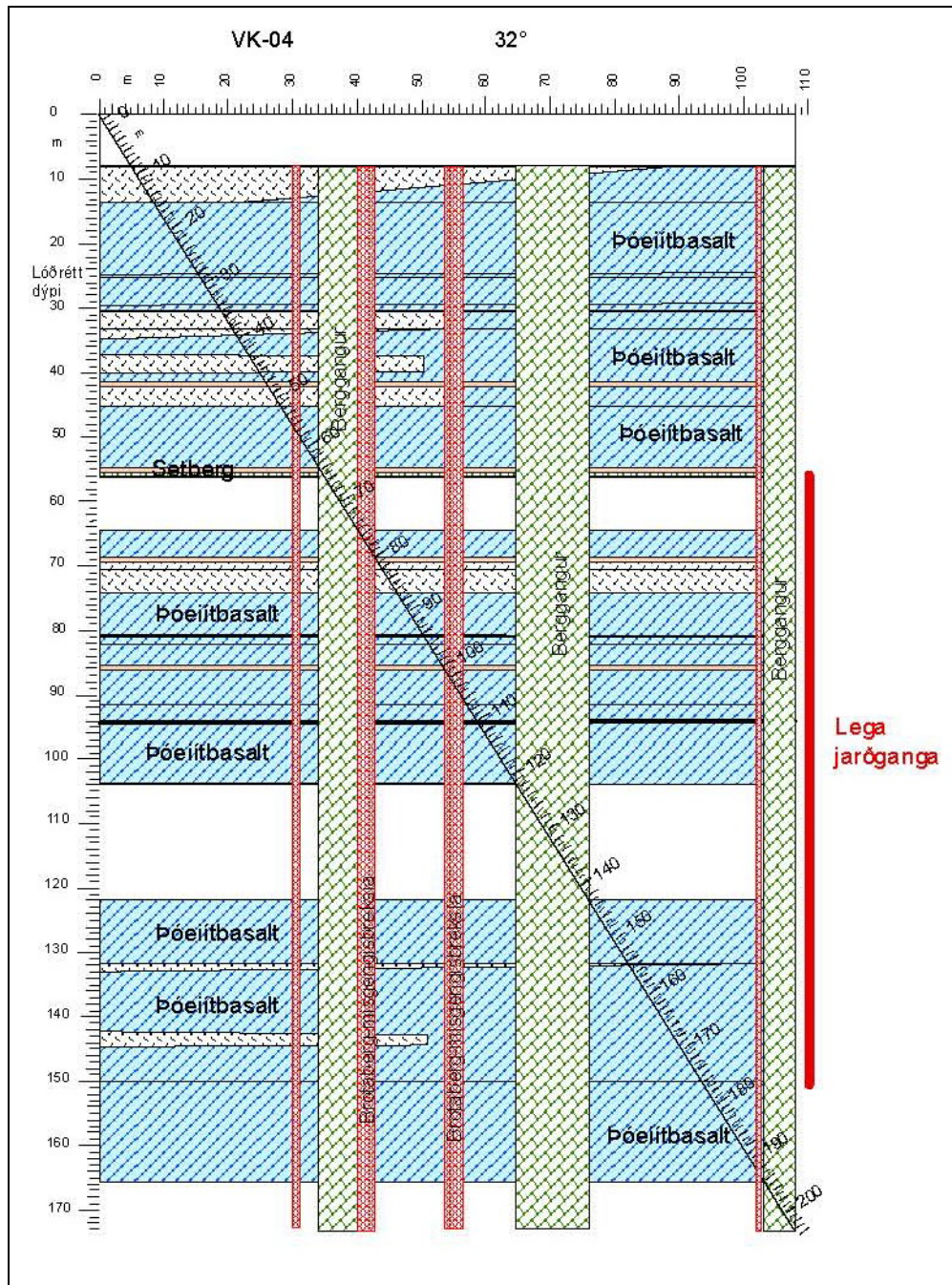
Mynd 17. Línurit yfir þrýsting og vatnsrennsli við lektarprófanir í holu VK-03.



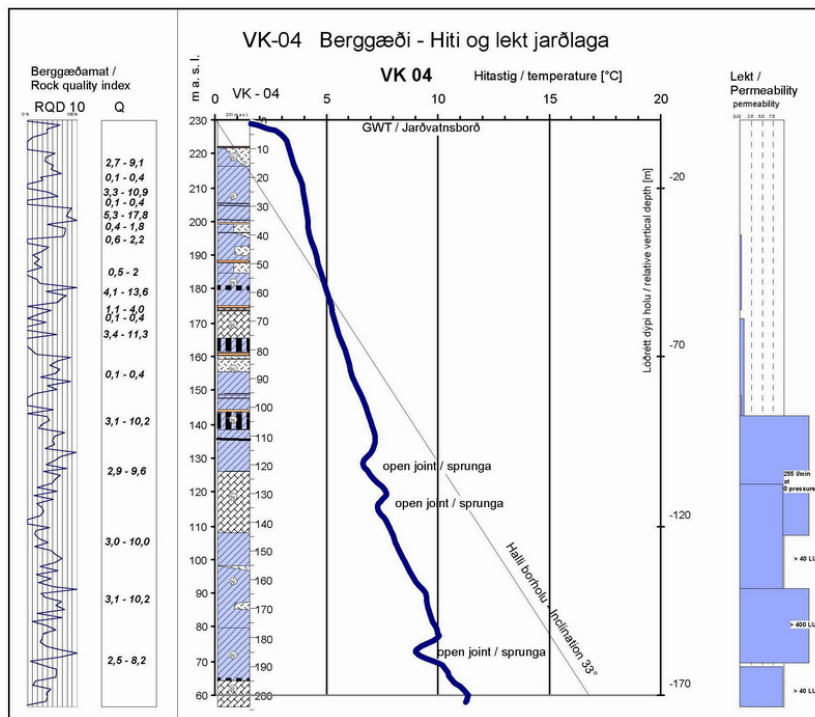
Mynd 18. Borkjarni úr holu VK-03 á 338-351m dýpi. Rauða og brúna bergið neðantil á myndinni er setberg með lágan brostyrk og líklega óþjálta við gangagerð.

3.2.4 Hóla VK-04

Í annari viku nóvember var borinn fluttur vestur yfir heiði og 204m djúp hola, VK-04 boruð með liðlega 32° halla inn undir hlíðina ofan við Vaðlaheiðarveginn. Holan var fóðruð gegnum laus yfirborðslög niður á 9m dýpi og hallinn var ákveðinn til að skera gegnum áberandi brotalínu. Kjarnaheimta var svipuð og í hinum borholunum (tæplega 95%) en bergið var víða smábrotið svo heilleikastuðull (RQD) var aðeins 46%. Þessi lági heilleikastuðull ræðst að miklu leyti af því að holan sker bæði gegnum bergganga og brotabelti. Setbergslög í holunni eru þunn og tiltölulega léttvæg varðandi erfiðleika við jarðgangagerð. Nákvæm lýsing á holunni er á teikningu 4 í viðauka 1 og ljósmyndir af borkjarnanum eru í viðauka 2.

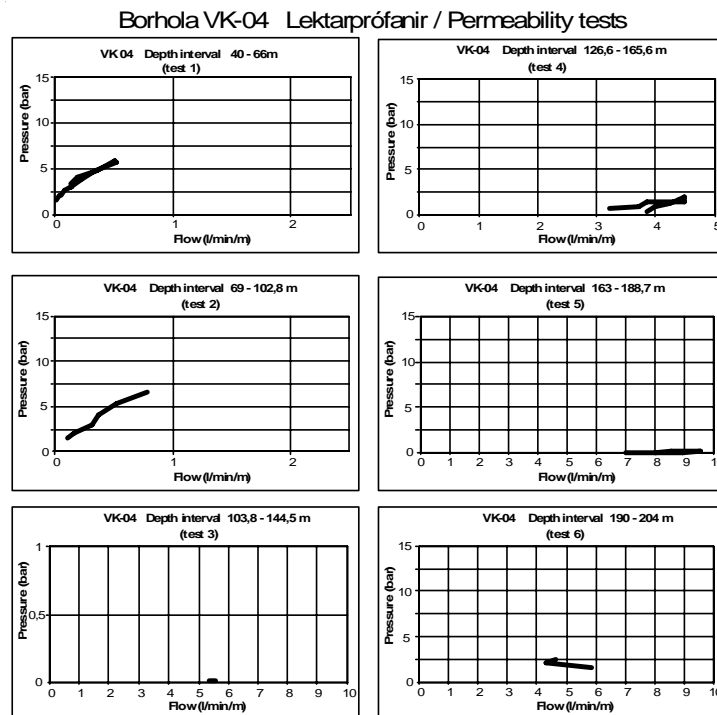


Mynd 19. Yfirlit yfir jarðfræðilegar aðstæður í borholu VK-04.



Mynd 20. Helstu upplýsingar sem komu fram við borun holu VK-04. Göngin munu skera berglög í um 70 til 180m lengd holunnar.

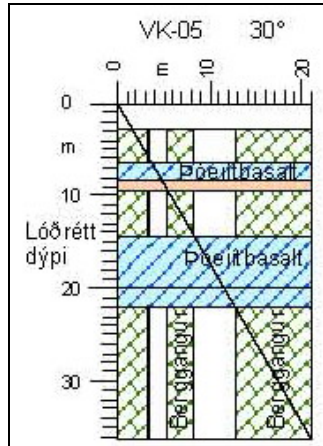
Fjórar lektarprófanir voru gerðar í holunni auk tilraunar til tveggja prófana í viðbót. Ofan 100m dýpis virtist bergið vera næsta vatnsþétt. Neðan 100m dýpis lak bergið afskaplega mikið, líklega flæddi vatnið þar um bergganga og misgengi. Ekkert viðnám var að finna við að dæla um 10 lítrum /sek niður í 75 mm víða holuna (sjá mynd 21).



Mynd 21. Línurit yfir þrýsting og vatnsrennsli við lektarprófanir í holu VK-04.

3.2.5 HOLA VK-05

Í lok nóvember var hola VK-05 boruð á klapparbrún ofan við veginn um Svalbarðsströnd. Holan er ofan við áformaðan vesturmunna ganganna, hún er 42m djúp og hallandi um 30° til strandar. Kjarnaheimta er 96% en bergið er smásprungið (RQD 30%) enda liggur holan að mestu leyti gegnum bergganga. Ekki var prófuð lekt bergsins í þessari holu. Sjá nánar teikningu 5 í viðauka 1 og ljósmyndir í viðauka 2.



Mynd 22. Yfirlit yfir jarðfræðilegar aðstæður í borholu VK-05.

3.3 Tæknilegir eiginleikar bergs

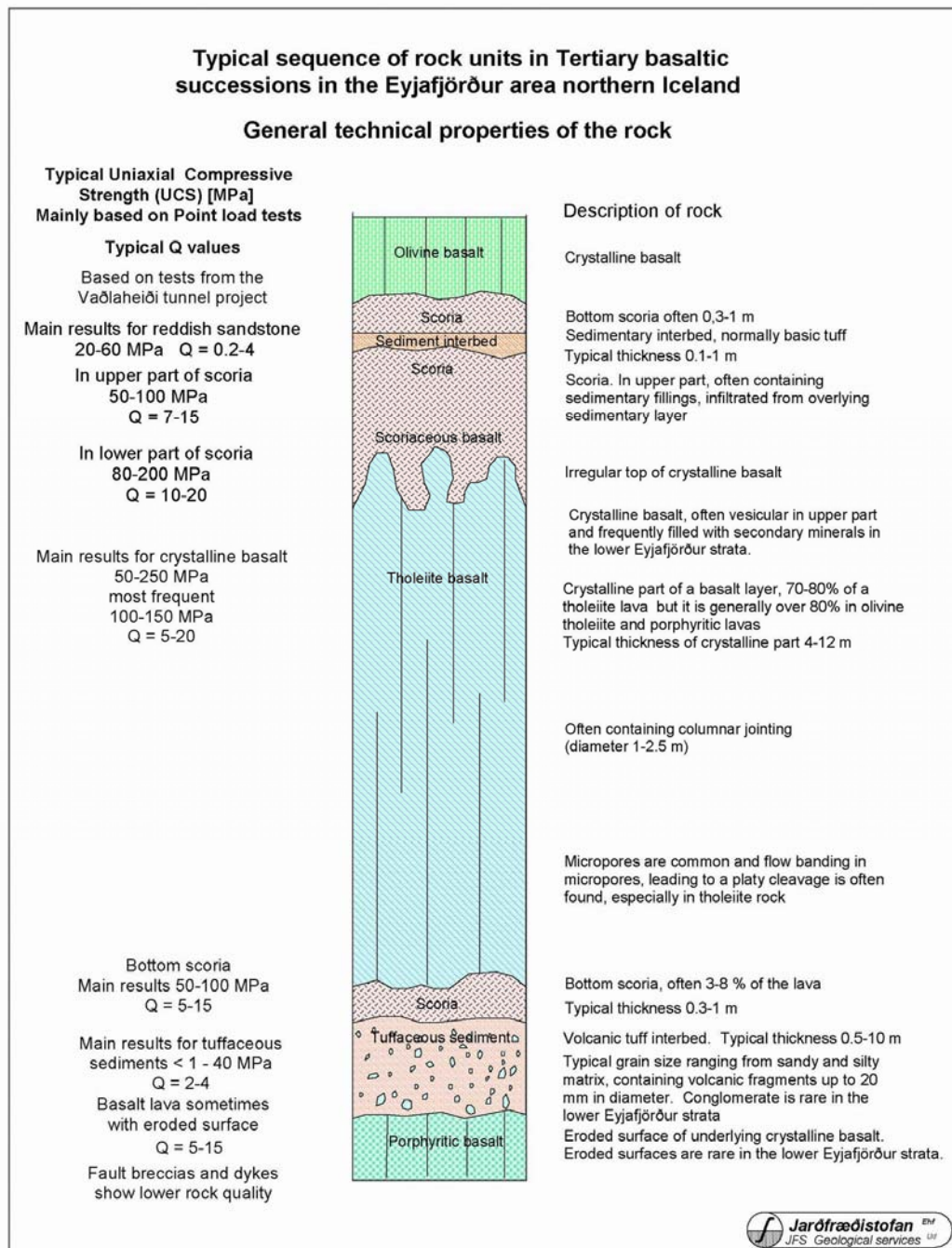
Almennt má segja að kjarnaholur sýni að berg á jarðgangaleiðum sé á annan veg tiltölulega heillegt og vel samlímt og því álitlegt til jarðgangagerðar og á hinn veg tiltölulega þunn setbergslög með mjög lágan styrk og mjög brotið berg sem bundið er við misgengi og bergganga. Borkjarnanum var lýst eftir aðferðum sem notaðar hafa verið til undirbúnings jarðganga á Íslandi í yfir tvo áratugi (og byggja á British Standard). Sýndarstyrkur (apparent uniaxial breaking strength) mismunandi berggerða var mældur með ELE punktálagstæki (Point Load Test). Einnig var fjaðurstuðull bergs mældur með Schmidt hamri (Schmidt Hammer Test).

Helstu tæknilegar upplýsingar um kjarnaborholurnar eru í töflu 3 en nákvæmar lýsingar eru í borholulýsingum í viðauka 1. Í töflunni kemur fram dýpi holanna (hallandi lengd), kjarnaheimta í prósentum og samanlögð lengd heilskorinna kjarnabúta (án hliðarskemmda) sem eru yfir 10 cm langir (Rock Quality Designation). Fjöldi staða í hverri holu sem var brotpolsmældur með punktálagstæki (PLT) og einnig fjöldi mælinga á fjaðurstuðli (SHT). Þá er tilgreindur fjöldi lektarprófana í hverri holu og dýpi á jarðvatn, mælt sem lengd í holu óháð halla.

Nafn holu Name	Dýpi / Depth	Kjarni % Core %	Heilleiki / RQD 10%	Brotþol / PLT	Fjaðurstuðull / SHT	Lektarpróf Perm-test	Jarðvatn m GWT m
VK-01	33,4	92,1	28,6	3	2	0	3
VK-02	201,3	94,3	68,4	26	24	4,5	55
VK-03	434	95,3	67,3	31	9	6	82
VK-04	204	94,5	46,6	13	0	6	1
VK-05	42	96,5	30,4	0	0	0	1,8

Tafla 3 Samantekt yfir kjarnaheimtu, heilleikastuðul og fjölda prófana í kjarnaborholum sem boraðar voru 2005. Summary of core recovery, RQD and number of various tests on cored boreholes 2005.

Á mynd 23 er sýnt á skematískan hátt hvernig basaltstaflinn er byggður upp úr mismunandi lögum og eru sýnd helstu tölugildi sem vænta má innan einstakra laga. Teikningin verður að skoðast sem lýsing almenns eðlis og frávik geta verið frá því sem þar er sýnt, bæði varðandi samsetningu einstakra lag og mældra eiginleika þeirra.

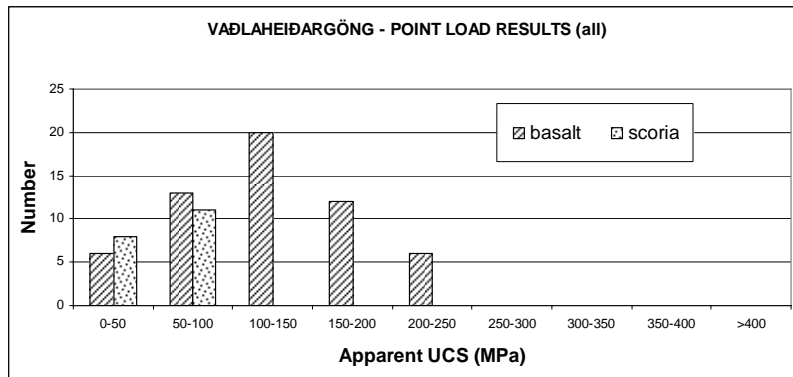


Mynd 23. Einfölduð skýringarmynd yfir helstu tæknilega þætti berglaga.

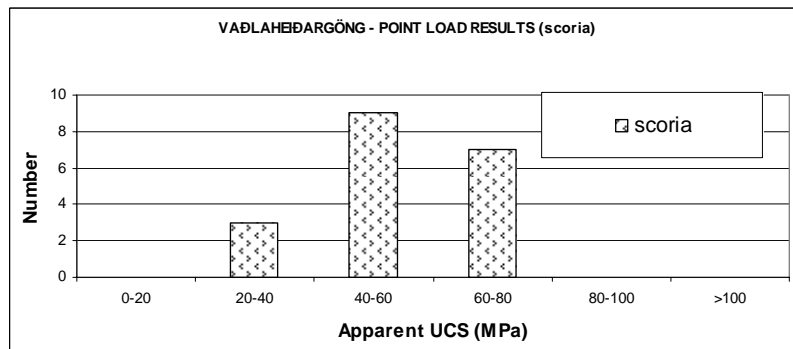
3.3.1 Brotstyrkur bergs og harka

Borkjarni frá 73 stöðum í kjarnaholunum var brotinn í “Point load” punktálagstæki til að fá fram brotstyrk á berginu. Á hverjum stað voru 8-15 brot kraftmæld. Þar sem brottækið er einfalt er rætt um niðurstöðurnar sem sýndarbrotstyrk. Helstu niðurstöður bergprófana eru að basalt hefur eináa sýndarbrotstyrk 50-250 MPa, kargaberg hefur

einása brotstyrk 50-150 MPa. Nánari dreifing brotstyrks fyrir basalt er sýnt á tíðniriti á mynd 24. Eftirtektarvert er að hvergi er bergið með sýndarstyrk yfir 250 MPa en til samanburðar er slíkt algengt í bergi við Kárahnjúkavirkjun og Héðinsfjarðargöng. Þetta lága brotþol á basalti er talið vera til hagsbóta fyrir borun fyrir bergsprengingar.

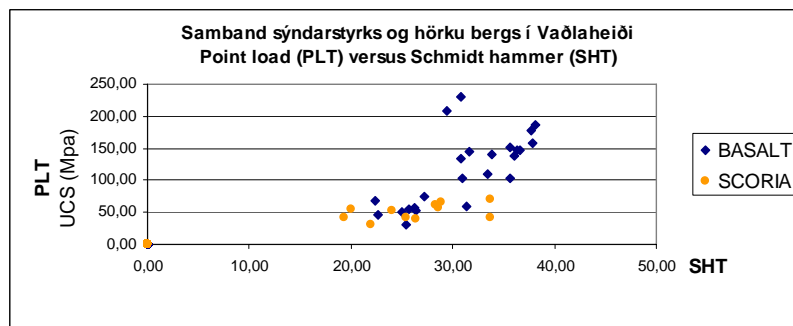


Mynd 24. Yfirlit yfir sýndarstyrk (apparent uniaxial strength) basalts og kargabergs úr borholum í Vaðlaheiði.



Mynd 25. Yfirlit yfir sýndarstyrk (apparent uniaxial strength) kargabergs úr borholum í Vaðlaheiði.

Auk punktálags var harka bergsins mæld (rebound hardness) með Schmidt hammer tæki. Meðfylgjandi er dreifirit sem sýnir hvernig sýndarstyrkur og harka bergsins dreifist, eins og þessir þættir voru prófaðir í kjölfar borana árið 2005.



Mynd 26. Samband sýndarstyrks og fjaðurstuðuls bergs (SHT) í Vaðlaheiði. Sýni voru prófuð úr basalti og kargabergi (scoria).

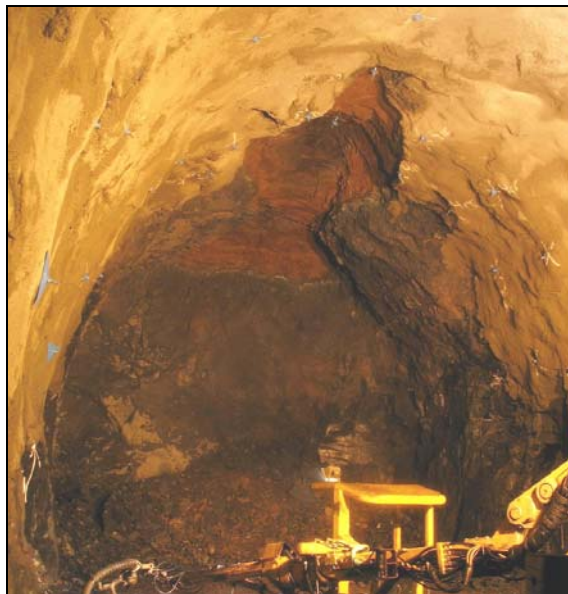
3.3.2 Styrkur setbergs

Setberg í borholum í Vaðlaheiði var yfirleitt með of lágan brotstyrk og borkjarninn of grannur til að hægt væri að mæla nægilega mörg setsýni með Point Load tæki (en færri en 6-7 mælingar á hverjum stað eru ekki marktækar). Ætla má út frá meðhöndlun setbergsins að styrkur þess sé á bilinu 5-30 MPa. Slíkur borkjarni molnar gjarnan við borun eða meðhöndlun á svo grönnum kjarna (NQ 45 mm).

Setbergið í Vaðlaheiði er að miklu leyti byggt upp úr gjóskuseti frá fornum eldgosum. Sérstaklega á þetta við um berg ofan jarðgangahæðar en einnig setbergslög austantil á gangaleiðinni. Gjóskubergið er að miklu leyti úr súrum vikri sem ummyndast fyrst yfir í leirkenndan jarðveg og síðan fínkorna silt og leirstein. Setið er viðkvæmt fyrir rakabreytingum, dregst saman og þenst úr eftir rakastigi og molnar niður þegar opnað er inn í það í bergskeringum og jarðgöngum. Talsverð reynsla er af hegðun hliðstæðra setlaga í norðurhluta Fáskrúðsfjarðarganga (sjá mynd 28).



Mynd 27. Setberg með lágan bergstyrk á liðlega 200m dýpi í borholu VK-03. Efst er hóleiðbasalt, rauðbrúna- og brúna bergið er setberg og neðst er kargi og blöðrótt dílabasalt með miklum útfellingum í blöðrum og holum. Sjá einnig teikningu af helstu tæknilegu þáttum berglaga á mynd 23. Miðað er við að göngin fari undir þesi selög án þes að skera þau.



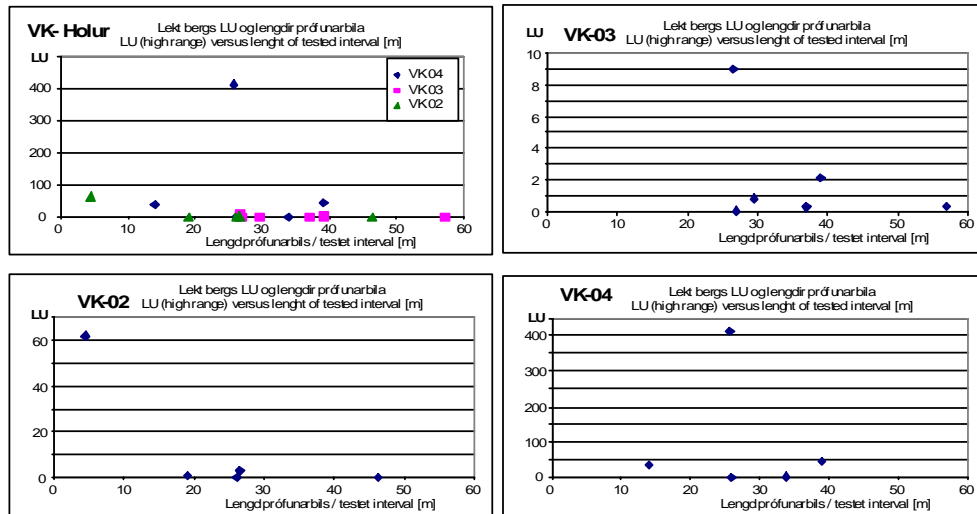
Mynd 28. Setberg með lágan bergstyrk í lofti Fáskrúðsfjarðarganga. Slík setbergslög hrynja stundum niður úr lofti og krefjast mikilla styrkinga

3.4 Lektarprófanir í borholum

Lekt bergsins var prófuð í þremur dýpri kjarnaholunum og á nokkrum dýptarþrepum í hverri þeirra þannig að meginhluti hveðrar holu fékk tiltölulega samfellda lektarmælingu. Prófanirnar voru gerðar á þann hátt að borstöngum var lyft frá botni og upp í einhverja tiltekna hæð þar sem þakkara var rennt niður í borstangaendann (einföld pökkun – single packer). Síðan var vatni dælt niður í gegnum þakkara í mörgum þrýstiprepum og oft prófað með talsverðum þrýstingi. Hámarks afkastageta tækjanna er um 5-6 lítrar/sek við um 5 kg dæluþrýsting en hámarks dæluþrýstingur var um 13-14 bör.

Niðurstöður lektarprófana eru sýndar á línuritum í umfjöllun um borholur VK-02 til VK-04 hér að framan og benda þær til þess að þar sem bergið er tiltölulega heilt utan misgengja og bergganga, sé það tiltölulega vatnspétt. Þegar prófað var í misgengjum og berggöngum var bergið sumstaðar vel þétt en í nokkrum tilfellum lak bergið mikið. Ekki var prófað í tveimur grynstu holunum sem eru við gangamunnana.

Á mynd 29 eru sýnd tengsl lektar og lengdar prófunarbila í borholum. Þar sést að lengd prófunarbila var að mestu á bilinu 12-40m og að lengd prófunarbila virðist sjaldan hafa farið fram yfir afkastagetu mælitækjanna (hvað varðar rennslismagn og þrýstifall) nema í holu VK-04 sem lak afskaplega mikið um nokkrar sprungur. Almennt er ákjósanlegra að mæla í styttri mælabilum en í þéttu bergi eins og er í Vaðlaheiði eru mælabilin oft höfð löng vegna kostnaðarsjónarmiða. Afmarkaðar lekar sprungur skekkja mjög heildarmyndina af lekt bergsins.



Mynd 29. Samband á milli lektar og lengdar prófunarbila í borholum.

4 Jarðgangaleið undir Vaðlaheiði

Val á staðsetningu jarðgangaleiðar hefur haft nokkurn aðdraganda. Markmiðið með göngunum er að þau komi í stað fjallvegjar um Víkurskarð og jafnframt að stytta akveg frá Eyjafirði til eystri hluta Norðurlands. Lögun landsins milli Eyjafjarðar og Fnjóskadals leyfir vart mikið styttri veggöng en 7 km nema klifrað sé upp í hlíðar Vaðlaheiðar. Landþrengsli vegna þéttar byggðar á Svalbarðsströnd annars vegar og lega þykkra sand og malarhjalla í Fnjóskadal hefur leitt til þess að jarðgangaleiðin er lögð skáhallt til norðausturs gegnum heiðina með heildarlengd um 7,4 km. Þessi skásetta lega ganganna styttrir akstursleiðina milli héraða (sjá áætlaða legu ganga á teikningu 1). Miðað er við að hæð gangamunna á Svalbarðsströnd verði í liðlega 60m hæð y.s. og hæð munna í Fnjóskadal verði í liðlega 160m hæð y.s. en þar er dalbotninn í um 100m hæð y.s. Halli ganganna frá vesturmunna yrði um 3% að hápunkti ganganna í um 210-220m hæð y.s. astantil á gangaleiðinni (nálægt 4,5 km frá vesturmunna) en þaðan yrði svipaður halli niður í austurmunnann. (Sjá nánar yfirhækkað langsnið af gangaleiðinni teikningu 5).

4.1 Halli berglaga í Vaðlaheiði

Jarðlögunum hallar til suðurs (og lítið eitt austan við suður) um 5-8° á Svalbarðsströnd og neðantil í vesturhlíðum Vaðlaheiðar. Hærra í heiðinni minnkar hallinn jafnframt því sem hallastefnan beinist meira til SA. Austar í heiðinni snýst hallinn til SA og jafnvel ASA þegar kemur neðarlega í hlíðar Fnjóskadals þar sem farið er inn í brotabelti með auknum austlægum halla. Það brotabelti gengur langsum eftir botni Fnjóskadals og upp í vesturhlíð hans. Mælingar á halla og hallastefnu jarðlaga eru sýndar á teikningu 1. Sýnt er með boguferlum hvernig strikstefna jarðlaganna (stefna þvert á mesta halla þeirra) breytist milli Eyjafjarðar og Fnjóskadals. Þessi breytilega hallastefna veldur breytilegum halla berglaga á gangaleiðinni. Á teikningu 1 er einnig sýnd staðsetning bergganga og misgengja sem kortlögð voru við jarðfræðihuganir. Á teikningum 2 og 3 eru sýndar línulegar misfellur í landinu milli Eyjafjarðar og Fnjóskadals sem túlkaðar eru sem brotalínur, auk misgengja og ganga.

4.2 Áætluð berglög á jarðgangaleið

Stefna jarðganganna frá Hallandsnesi til Skóga liggur ANA-VSV (um 30°) sem er mjög nærri meðal-striktstefnu jarðlaganna. Einfaldað langsnið jarðlaga eftir gangaleiðinni er á teikningu 5. Upplýsingar um jarðlögin eru fengnar með skoðun bergs í vesturhlíðum Vaðlaheiðar og í Fnjóskadal og hvað mestar upplýsingar koma úr hallandi kjarnaborholum. Þar sem langt er á milli borhola (um 4 km) gegnum miðja heiðina verður að skoða umfjöllun um áætluð jarðlög með fyrirvara um ónákvæmni.

Á Svalbarðsströnd hallar jarðlögunum til suðurs og SSA svo búast má við að jarðlagaskil liggja fyrst nokkuð bratt upp á við í göngunum frá munna og meðan sveigjan er tekin inn á beina hluta gangaleiðarinnar. Svo munu jarðlagaskilin líklega liggja nærri halla ganganna þegar farið er til austurs að hápunkti þeirra. Þegar kemur austur fyrir hábunguna munu göngin líklega skera sig hægt upp í jarðlagastaflann vegna austlægs halla í Fnjóskadal.

Stuttu innan við vesturmunna ganganna er kjarnahola VK-05, boruð hallandi til vesturs. Hún er að mestu í berggöngum og gefur því takmarkaðar upplýsingar um

bergið að öðru leyti. Líklegt er að berggangar verði á milli 4 og 8% af berginu á jarðgangaleið. Kortlagning á bergi á Svalbarðsströnd sýnir að búast megi við þóleíftbasalti með tiltölulega þunnum millilögum úr setbergi á vestasta kílómetranum í jarðgöngunum.

Kjarnahola VK-04 sem er um 1 km innan við vesturmunnann gefur nær samfelt snið gegnum staflann. Þar skiptast á þóleíftbasalt og berggangar en setbergslög eru hverfandi. Berggæði basaltsins liggja á bilinu $Q = 3$ til 10. Brotstyrkur (einása brotþol) bergsins er um 150 MPa. Holufyllingar sem tilheyra skólesít-mesólíftbeltinu gefa talsverða samlímingu í bergið. Þrjú mjög sterk misgengisbrot með mikinn vatnsleka skera holu VK-04 og má ætla að nokkur slík brot séu í vesturhluta ganganna. Því má búast við að göngin leiði til sín vatn sem annars kæmi fram í lindum í vestanverðri Vaðlaheiði og að áhrifasvæði niðurdráttar í berginu liggja a.m.k 1 km (eða meira) til hliðanna út frá gangaleiðinni. Nánari útskýringar á legu jarðlaga er á teikningu 5.

Borhola VK-03 er 4 km austan við holu VK-04 og ekki er fullljóst hvernig berglög liggja eða tengjast milli holanna. Hér er þó gert ráð fyrir að þóleíftbasalt með þunn millilög sem koma fram í holu VK-04 ofan við Halland tengist við þóleíftlög í neðstu 80 metrum holu VK-03. Samkvæmt því er áætlað að þóleíftbasalt með tiltölulega þunnum setbergslögum (0,2-2m lög) umlyki áfram gangaleiðina frá vesturmunna og þar til komið er um 3,5 km inn í fjallið.

Austan við þóleíftsvæðið er farið upp í gegnum 2-4m þykkt setbergslag úr súrri gjósku og því með lágan brotstyrk (eins og það kemur fram í holu VK-03). Ofan setlagsins er um 60m þykkur staflur úr ólivínbasalti og dílabasalti, án teljandi millilaga (aðeins 5-10 cm lög). Berglögin eru hagstæð til gangagerðar og í þessum kafla er talið hagstæðast að hafa hápunkt og hásvæði ganganna (sjá teikn. 5).



Mynd 30. Hásvæði ganganna verður líklega í bergi sem kemur fram á 300 til 340m dýpi í holu VK-03 og hér er sýnt dæmi um.

Líkast til verða jarðlagaskil sem næst lárétt (eða með mjög lítinn austlægan halla) eftir gangaleiðinni yfir hásvæði ganganna en austar fer þeim að halla brattar niður til austurs. Borhola VK-02 er líðlega 1,5 km austan við holu VK-03 og líkast til er hægt

að rekja nokkur jarðlög milli holanna. Miðað við það eru setbergslög með veiku bergi skammt ofan við gangaleiðina, austan við hápunkt hennar og allar líkur á, að 2-3 setbergslög fari niður í gegnum eystri hluta ganganna. Slík spá verður samt alltaf háð nokkurri óvissu, setlögin eru með breytilega þykkt (líklega 2-4 m) og einnig geta misgengi hafa hreyft bergspildur upp og niður. Teikning 5 lýsir aðstæðum nánar og borholulýsingar hola VK-03 og VK-02 í viðauka lýsa einstökum lögum.

4.3 Jarðvatn á jarðgangaleið

Við fyrstu sýn er að sjá sem berggrunnur í Vaðlaheiði sé mjög þéttur. Lækir renna víða á yfirborði og vaxa snöggt í rigningu. Við boranir stóð vatn oftast í fyrstu nærri yfirborði í holunum en þegar dýpra var borað féll jarðvatnsborð stundum niður. Í efri hluta Vaðlaheiðar og skáhallt niður til austurs er ólivínbasalt og dílabasalt með miklum holufyllingum með mjög litla lekt, auk mjög tregleiðandi setbergslaga. Að vestanverðu er þóleiítbasalt í neðri hluta heiðarinnar, til muna lekara en annað basalt (en samt með lága lekt á mælikvarða lektar í íslensku basalti). Yfirlit yfir lektarprófanir í borholum er sýnt á teikningu 6.

Við boranir (þar sem flestar holur eru hallandi um 30 til 45°) kom fram, að þótt bergmassinn væri tiltölulega vatnsþéttur eru í berginu sprungur sem eru mjög vel vatnsleiðandi. Þegar göng verða grafin gegnum slíkar sprungur, má gera ráð fyrir að innrennsli úr þeim gæti numið allt að hundruðum lítra á sek. á hverjum stað. Tíðni vel vatnsleiðandi sprungna er ekki ljós en búast má við allt að fimm vatnsleiðandi sprungum á hvern kílómetra í lengd þannig að á grafrartíma ganganna er ekki óhugsandi að vatnsflaumur geti tímabundið orðið yfir rúmmeter á sek (fer eftir því hve mikil áhersla væri lögð á bergþéttingu). Almennt gildir að rennsli úr slíkum sprungum hjaðnar fljótt niður í einhverja lítra á mínútu og stundum þorna þær alveg. Raunhæft er að gera ráð fyrir mörgum tugum l/sek í göngunum (jafnvel fáum hundruð l/sek) samfara greftri þeirra og að langtímarennsli verði einhverjir tugir l/sek.

Hérlendis eru öfgafyllstu dæmin um mismunandi vatnsleka í jarðgöngum að finna í göngunum undir Breiðadals- og Botnsheiði og í Fáskrúðsfjarðargöngum. Í Breiðadals-göngum kom skyndilega inn vatnsflæði sem gróf út vatnsleiðandi sprungu og náði hámarksrennsli yfir 2 rúmmetra á sek. um fárra vikna tíma. Að auki runnu samtals nokkur hundruð lítrar inn í göngin í dreifðum lindum á öðru svæði. Síðan hjaðnaði rennslið hægt og eftir liðlega tvö ár var jafnvægisrennsli komið niður í 400-800 lítra á sek. og er vatnsmagnið breytilegt eftir árstíðum. Við gerð Fáskrúðsfjarðarganga (sem eru litlu styttri en Vaðlaheiðargöng) reyndist bergið almennt mjög þétt en samt kom á einum stað fram vatnsflæði sem nam um tug lítra á sek. Þetta innflæði þvarr fljótt þannig að heildarinnflæði í öll göngin er örfáir l/s. og nú koma aðeins sytrur frá báðum gangaendum.

4.4 Brotalínur, gangar og misgengi á jarðgangaleið

Misgengi og brot eru algeng í Vaðlaheiði. Sjaldnast sést á yfirborði hve mikið jarðlögin hafa gengið til í misgengjunum. Flest misgengin eru með 1-3m þykka vel samlímda misgengisbreksíu en þurfa samt heldur meiri styrkingu en í meðalgóðu bergi. Önnur misgengi eru með mjög kurluðu bergi og misgengisbreksíu þar sem jarðvatn flæðir um bergið. Slík misgengi geta verið erfið í gangagerð og þarf stundum að grípa til bergþéttinga og jafnvel að stytta bor- og sprengifærur meðan farið er í gegnum brotin. Oftast hefur heitt vatn leikið um bergið í misgengjunum og stundum

hefur ummyndunin lækkað verulega brotstyrk bergsins. Þar sem svartar leirsteindir líma saman bergmylsnu er styrkur bergmassans lítill.



Mynd 31. Misgengisbreksía á liðlega 100m dýpi í borholu VK-04. Útfellingar hafa sest í flestar sprungur en lektarprófanir á þessum stað sýna að bergið er samt opið fyrir lekt.

Á teikningum 2-7 (sérstaklega á teikn 7) er sýnt hvar búist er við að berggangar og misgengi skeri jarðgangaleiðina. Fullvíst má telja að brot og berggangar verði mun fleiri á leiðinni en sýnt er á langsniði af gangaleiðinni á teikningu 7. Ætla má að stefnur ganga og brotalína sem síðar finnast, verði flestar samsíða þeim sem þekktar eru og sýndar eru á tíðnirósum myndum 8 og 9 og á teikningu 7. Tíðnirósinn fyrir sprungudreifingu stefnir mjög eindregið N-S eða tiltölulega þvert á gangaleiðina (sem telst hagstætt) en önnur heldur minna áberandi stefna er ANA-VSV og sprungur í því kerfi skáskera gangaleiðina með 10-20° frávikum en gætu í einhverjum tilfellum fylgt göngunum nokkurn spöl.

Ef byggt er á tíðni og þykkt bergganga sem sjást á yfirborði og í borholum má búast við að vestantil í Vaðlaheiði sé hlutfall bergganga 6-10% af berginu og í austanverðri heiðinni sé hlutfallið 3-6%. Gangarnir eru almennt gerðir úr smástuðluðu og þá smásprungnu basalti með háan og mjög háan brotstyrk. Yfirleitt þarf heldur meiri bergstyrkingar við gangagröftinn þegar farið er gegnum ganga en almennt er í meðalgóðu bergi og að auki er algengt að berggöngum fylgi vatnsrennsli sem getur leitt til þess að þörf verði á bergþéttingu.

4.5 Leit að sprungum og berggöngum með segulmælingum

Eftir að sprungukort hafði verið teiknað eftir loftmyndum og borunum í Vaðlaheiði var lokið stóð eftir að líklega fælist mesta óvissa við jarðgangagerð í misgengjabrotum og berggöngum er brjóta upp bergið næst sér. Í framhaldinu var ráðsít í segulmælingar og VLF mælingar til að sjá hvort brotavirkni kæmi fram við þær mælingar og þá hvort skilgreina mætti einhver tiltekin “aðgæslusvæði” við gangagerðina.

Mælt var á um um 400-450m breiðu beltum yfir gangaleiðinni. Við verkið voru notuð segulmælinga og VLF mælitæki sem framleidd eru af GEM-System í Kanada (sjá upplýsingar um mælitæki á vef; www.gemsys.ca). Segulmælirinn er hefðbundinn prótónu segulmælir sem mælir heildarstyrk segumagns á viðkomandi svæði. Mælirinn er næmur á segulmagnaða bergganga (bæði “rétt” og “öfugt” segulmagnaða) og oft sýna mælingar einnig línulegar segullægðir við kurlað berg t.d. við misgengi. VLF

tækið er sambyggt segulmælinum, það skynjar bjögun í rafsegulbylgjum er þær fara gegnum breytilegt berg eða brotabelti í berggrunnum og hafa í sumum tilfellum reynst mjög gagnlegar til að finna brotabelti í bergi.

Byrjað var á tilraunamælingunum í apríl 2006 og unnið bæði á austanverðri heiðinni og í brekkunum norðan við Halland á Svalbarðsströnd. Þrálátar bilanir í tækjum seinkuðu mjög verkinu og sérstaklega varð VLF mælipátturinn gloppóttur. Síðsumars var unnið á austanverðri heiðinni og loks var efsti hluti heiðarinnar segulmældur með aðstoð vélsleða nærri páskum 2007. Snjóleysi hamlaði þá talsvert áformuðu umfangi mælinganna.

Niðurstöður segulmælinganna eru sýndar á kortum á teikningum 16 og 17 og á langsníðum á teikningum 18 og 19. Á langsníði á teikningu 18 eru fjórtán númeraðir staðir og svæði þar sem lýst er einfaldaðri túlkun á niðurstöðum segulmælinga og bent á þau svæði sem talin eru þurfa mesta aðgæslu við gangagerðina.

Á teikningu 19 eru sýndar saman á sníði segulfrávikslínur sem túlkaðar eru sem brot og berggangar ásamt brotalínunum sem sjást á loftmyndum og skera jarðgangaleiðina.

4.6 Vesturmunni Vaðlaheiðarganga á Svalbarðsströnd

Á austurströnd Eyjafjarðar hafa fjölmargir staðir verið íhugaðir með tilliti til staðsetningar munna Vaðlaheiðarganga. Fyrir einhverjum áratugum hefði þótt eðlilegt að staðsetja munna vegganga í 200-250m hæð yfir sjó og þá hefði líklega verið talið ágætt að fara inn í heiðina í 250-260m hæð y.s. ofan við bæinn Geldingsá. Göng þaðan að Skógum hefðu verið um 5,8 km löng.

Nú hefur vesturmunna Vaðlaheiðarganga verið valinn staður í um 60m hæð y.s. fast ofan við þjóðveg 1, undir fremur brattri, liðlega 15-20m hárru bergbrík sem gengur skáhallt norður og upp hlíðina. Með munna á þessum stað verður lengd ganganna nærri 7,4 km að meðtöldum gangaskálum. Yfirlitskort yfir munnasvæðið er á teikningu 8.

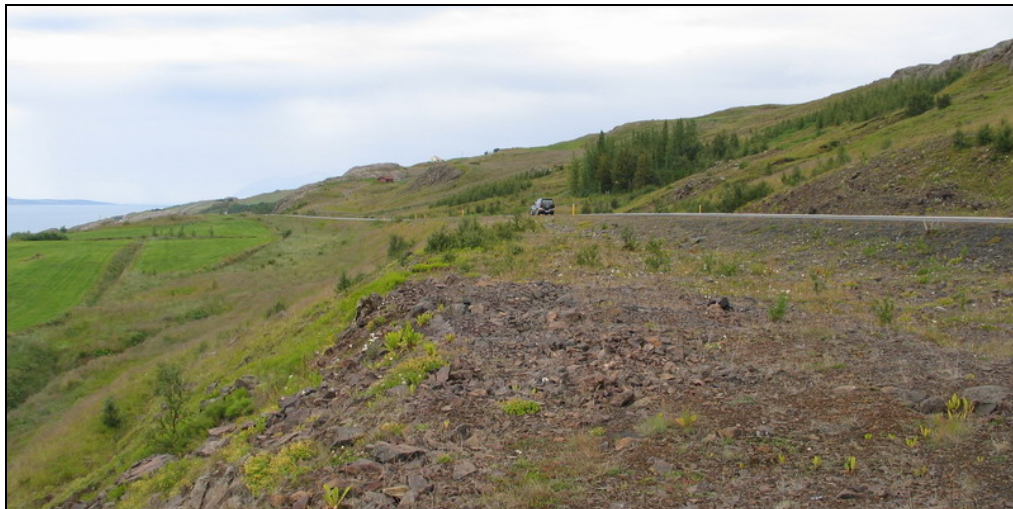


Mynd 32. Vesturmunna Vaðlaheiðarganga er ætlaður staður undir klettinum u.þ.b. þvert til vinstri frá flutningabílnum á þjóðvegi 1. Tenging Svalbarðsstrandarvegar við þjóðveg 1 er áætluð á túnunum aftan við flutningabílinn. Kjarnaborhola VK-05 er staðsett uppi á klettinum lengst til vinstri.

Í grennd við munnastaðinn sér víða í fast berg og er þykkt lausra jarðlaga vart yfir 3m. Í grennd við munnann er berggrunnurinn byggður upp af stafla úr þóleiðbasalti sem er þéttskorið af berggöngum með N-S stefnu. Langsnið berglaga við gangamunna er á teikningu 9 og staðsetningakort munnasvæðis er á teikningu 8.

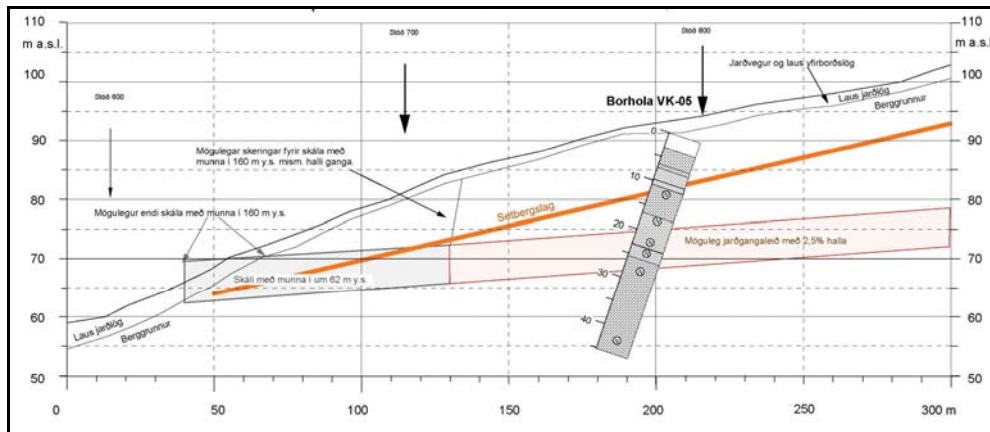


Mynd 33. Munki jarðganganna er áformaður í klapparbrekkunni nálægt miðri myndinni. Kjarnaborhola VK-05 er staðsett uppi á klettinum lengst til hægri og hallar henni 30° niður til vinstri.



Mynd 34. Vegtenging Þjóðveggar 1 og Svalbarðsstrandarveggar er áformuð vinstra megin við miðja mynd. Myndin er tekin frá norðurenda áningarstaðar á Þjóðvegi 1 gegnt Akureyrarhöfn.

Kjarnahola VK-05 er staðsett í 90,5m hæð y.s. á klapparbrík ofan við áformaðan gangamunna (sjá teikningu 8). Lögum sem fram koma í holunni hallar liðlega 5° niður að munna og er að sjá sem sterkleg basaltlög og berggangar verði í munnanum (sjá mynd 35 og teikningar 8 til 10). Berggangar með N-S stefnu eru tíðir í hlíðinni og gæti þurft að hnika skeringum við munna ganganna til með tilliti til þeirra.



Mynd 35. Langsnið jarðlaga á áformuðu munnasvæði ofan við Hallandsnes. Í borholu VK-05 koma fram basaltlög og bergangar auk eins þunnslags sem hallar til vinstri niður að gangaskálanum.

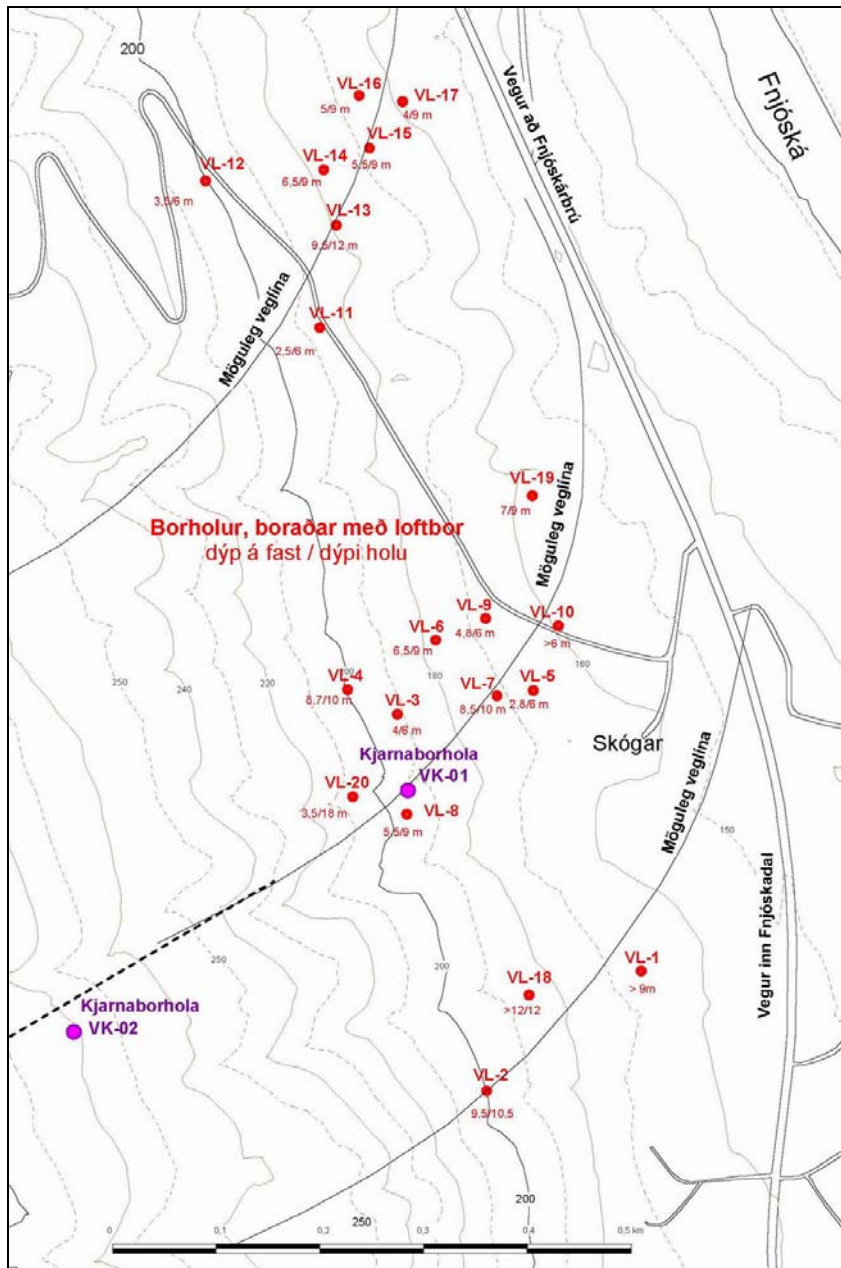
Þversnið jarðlaga V-1 til V-5 á teikningu 10 (auk langsniðsins á teikningu 9) sýna myndrænt hvernig áætla má hvenær bergþekja verði nægilega þykk og traust til að enda megi gröft fyrir skála og fara með göngin undir berg. Tíðni bergganga við munnann gerir þó myndina nokkuð óvissa.



Mynd 36. Talið er að aðstæður við vesturmunna Vaðlaheiðarganga geti á byggingartíma líkst því sem var við munnna í Reyðarfirði við byggingu Fáskrúðsfjarðarganga með stutta gryfju inn að bergvegg. Við Hallandsnes er bergið þó smásprungnara og krefst það hærri bergþekju við munnann.

4.7 Austurmunni Vaðlaheiðarganga í Fnjóskadal

Í Fnjóskadal rennur Fnjóská í liðlega 100m hæð y.s. sunnan við brúna á þjóðvegi 1 og hækkar lítið suður fyrir gömlu Fnjóskárbrúna sem byggð var 1908. Neðri hluti dalsins einkennist af miklum setmyndunum er mynda hjalla og þykkildi í dalshlíðunum neðan við 260m hæð y.s í grennd við gamla Vaðlaheiðarveginn. Setmyndanirnar hafa nokkuð takmarkandi áhrif á hvar vænlegt er að staðsetja gangamunna í hlíðinni. Rannsóknir á þykkt og efnisgerð setlaganna voru því framarlega í röðinni þegar kom að rannsóknarborunum vegna ganganna. Eitt af því sem ræður miklu við staðsetningu jarðgangamunna, er að beygja í göngum innan við munna verði ekki of kröpp þar sem göngin sveigja frá aðalstefnu gegnum fjallið yfir á veg sem liggur samsíða hlíð þess.



Mynd 37 Þrjár veggangalínur og munnastaðir sem athugaðir voru í Fnjóskadal

Í Fnjóskadal hafa verið kannaðar aðstæður fyrir munna á þremur stöðum. Tveir staðanna eru sitt hvoru megin við bæinn Skóga en þriðji staðurinn um einum km norðar, nærri landamerkjum bæjanna Skóga og Ness. Í júlí 2005 voru boraðar 20 holur með loftbor til að kanna þykkt lausu jarðlaganna á þeim þremur svæðum sem þóttu koma til álita fyrir munna ganganna. Staðsetning holanna er sýnd á mynd 37 og einnig á teikningum 11 til 14. Lýsingar á borholunum eru á teikningum í viðauka 3.

Niðurstaða borana leiddi í ljós að munnastaður sunnan við Skóga þótti ekki fýsilegur vegna þykkra lausra jarðlaga sem myndu leiða til mjög langra og dýrra skálabygginga. Bæði staðurinn ofan við Skógabæinn og einnig annar staður norðan hans þóttu álitlegir og hefur svæðið við Skóga orðið fyrir valinu fyrir munna ganganna.



Mynd 38 Vesturhlíð Fnjóskadals með Vaðlaheiðarveg nærri miðju myndar. Skógar eru til vinstri við miðja mynd og Nes lengst til hægri. Þykkir setlagahjallar eru í brekkunni ofan við bæina.

4.7.1 Laus yfirborðsjarðlög nærri munna við Skóga

Gangamunni í heimatúninu á Skógum mun koma skáhallt út úr hlíðinni og er veglína þaðan í sveig til norðurs inn á núverandi veg um Fnjóskadal, þar sem rúmt er fyrir veltengingu inn Fnjóskadal. Frá þessum munnastað er talið að síðar geti orðið svigrúm til að leggja veg að nýrri hárrí brú yfir Fnjóská sem stytta myndi enn frekar leiðina frá Akureyri til austurlands. Utan gangamunna lhjá Skógum mun vegurinn liggja í sveig norður í átt að ræsi á Nesgili ofan við bæinn Nes. Þar er vegyfirborð í 159m hæð y.s en eitthvað má bæta aðstæður framtíðarveggar þar. Efni úr göngum nýtist m.a. til að hækka veg frá gangamunna til norðurs og undir tengingu við veginn inn Fnjóskadal.

Boranir. Borað var með lofthöggbor í túninu í Skógum og í brekkunni ofan við bæinn. Í túnjaðrinum beint upp af bænum eru rústir gamalla húsa eða kálgarða og færi gangalínan fast norðan við rústirnar. Yfirlit yfir staðsetningu mannvirkja og borhola er á myndum 37 og 38 og nákvæmari staðsetningar eru á teikningum 11-15. Langsnið jarðlaga í munna eru sýnd ónákvæmt á mynd 41 og nánar á teikningum 12 og 13.

Í brekkunni eru milli 5 og 10m þykk laus og óhörðnuð setlög ofan á klöpp og fara setlögin þykkandi niður að ánni. Þarna eru taldar hentugar aðstæður fyrir gangamunna er kæmi út í 160-165m hæð y.s. Boruð var ein kjarnahola (VK-01) auk einnar djúprar höggborsholu ofan við mögulegan gangamunna í liðlega 200m hæð y.s. nærri gangalínunni og sýna niðurstöður miðlungsgóðar aðstæður fyrir gangaskála. Lengd skála yrði um 140-170m eftir því í hvaða hæð komið yrði út, (lægri gangamunni með lengri skála).

Boranir með loftbor sýna að dýpi á fasta klöpp við gangamunna er á bilinu 3-8 metrar. Efst er jarðvegur, yfirleitt 2-3m þykkur. Undir er sandur sem víða er blandaður mól. Neðst í lausu jarðlögunum er sumsstaðar þéttur jökulruðningur, 1-2m þykkur (sjá snið jarðlaga á teikningum 12 til 14. Jarðvegur, sandur og mól eru græf með stærri gröfum en jökulruðninginn gæti þurft að rippa. Klöpp þarf að sprengja.



Mynd 39 Loftborun gegnum laus jarðlög og niður í yfirborð bergs við Skóga

Könnunargryfjur. Síðla í júní 2006 voru grafnar tæplega 20 könnunargryfjur í áformað munnasvæði ofan og utan við bæinn í Skógum. Grafið var víðsvegar um svæðið sem fyrirsjáanlegt er að verði grafið út vegna framkvæmdanna til að kanna þykkt og gerð jarðvegs og gerð lausra jarðlaga sem undir eru. Í mjög mörgum tilfellum var skrapað niður á berggrunn og er dýpi slíkra gryfja í góðu samræmi við niðurstöður loftborana. Staðsetning gryfjanna er gefin á teikningu 11.



Mynd 40 Könnunargryfjur við fyrirhugaðan munna jarðganga ofan og utan við Skóga. Horft til suðurs.

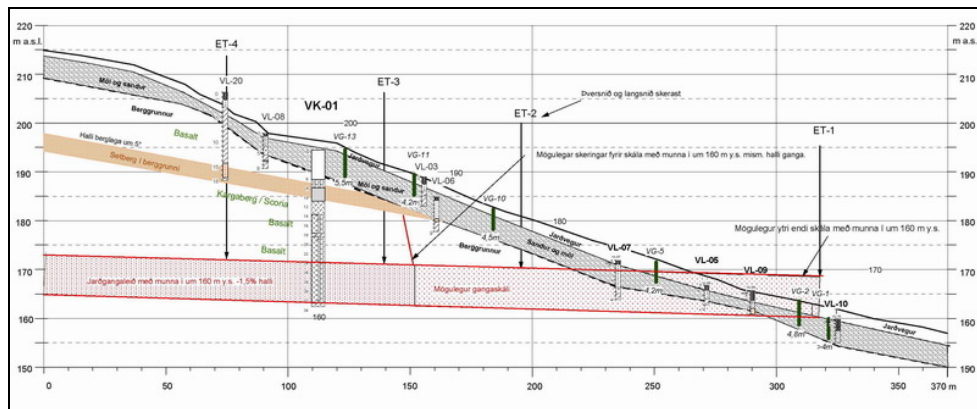
Helstu niðurstöður könnunargryfja eru að undir grasgefinni gróðurþekju liggur víðast hvar 1-2m þykkt moldarlag. Moldin er yfirleitt ljósbrún með misþykkum gjóskulögum og yfirleitt er hún þurr og helst stöðug í efnishaugum þegar grafið er. Á afmörkuðu svæði til hliðar við munnasvæðið (brekkumegin) kemur jarðvatn út úr (eða ofaná) berginu og þar er moldin blaut svo hún flýtur til í efnishaugum.

Undir moldinni er malarlag sem yfirleitt er úr fínmöl og grófsandi með 10-20% hnullunga sem eru allt að 0,2m í þvermál. Fylliefnið er aðallega grófsandur og fínmöl en aðeins á stöku stað varð vart við fínsand eða silt. Megnið af malarefninu er án fínefnis og því vatnsræsandi og helst stöðugt í efnishaugum þegar grafið er. Á nokkrum stöðum er svolítill samlíming eða hörðun á ákveðnu dýptarbili í “lausefninu” (sem myndaði verulega fyrirstöðu fyrir 25 tonna gröfu af gerðinni Komatsu PC-240) en svo varð sand- og malarefnið yfirleitt auðgræfara neðar. Talið að mestallt malarefnið sé gott í fyllingar þegar moldin hefur verið skafin ofan af.

Varðandi vatnsaga, þá sýnist heppilegt að grafa þurrkskurð niður á klöpp skáhallt inn og upp hliðina svo vatn liggi ekki á vinnusvæðinu þegar hreinsað verður ofan af klöppinni.

4.7.2 Munni jarðganga við Skóga – Berggrunnur

Kjarnaborhola VK-01 er í um 194m hæð y.s. skammt ofan og innan við munnastaðinn. Loftborshola VL-20 er um 40m vestar og hærra í brekkunni. Jarðlagahalli milli holanna mælist um 5° í stefnu ganganna. Bergið í munnahæð er smásprungið basalt svo gera má ráð fyrir að 6-8m háa bergþekju þurfi ofan við munnann þar sem gangaskálinn tengist berginu. Bergþekjuna þarf vafalítið að binda vel saman með bergboltum. Holan sýnir að ofan við munnann eru laus jarðlög um 4-7m þykk og efst í þeim er um 2m þykkt moldarlag sem sumsstaðar er blautt. Undir er sandur, fremur grófur og víða malarkenndur. Þá er breytilega hart 1-2m þykkt jökulruðningslag í borholunni á mótum lausra jarðlaga og klappar. Borholulýsing er í viðauka 1 og ljósmyndir af borkjarnanum eru í viðauka 2.



Mynd 41 Langsníð jarðlaga á áformuðu munnasvæði við Skóga. Sjá nánar á teikningum 11 til 13.



Mynd 42. Talið er að aðstæður við austurmunna Vaðlaheiðarganga við Skóga geti á byggingartíma líkst því sem var við munna í Fáskrúðsfirði við byggingu Fáskrúðsfjarðarganga. Þar var löng gryfja inn að bergvegg.

4.8 Samantekt um aðstæður til jarðgangagerðar

Jarðfræðiathuganir vegna Vaðlaheiðarganga hafa einkum beinst að þrennu.

1 Kortlagningu bergs beggja vegna Vaðlaheiðar og á heiðinni eftir því sem þar sést í berg. Niðurstöður eru að berglögum hallar til suðurs og suðausturs og frá vesturmunna klifra göngin upp jarðlagastaflann til norðausturs uns hallinn breytist snögglega til suðausturs og austurs austarlega í heiðinni. Fjölmargir berggangar (aðallega með N-S stefnu) sjást á yfirborði í vesturhluta heiðarinnar og nokkur misgengi sjást strjált um heiðina en fjölmargar línulegar misfellur sem sjást á loftmyndum geyma líklega misgengi og bergganga. Stakar brotalínur liggja ANA-VSV eða tiltölulega samsíða gangaleiðinni.

2 Rannsóknarboranir þar sem kjarnaboranir í þremur hallandi borholum hafa verið umfangsmestar sýna dæmi um bergið á jarðgangaleiðum auk þess að gefa nokkuð góðar staðbundnar upplýsingar um brotavirkni og bergganga. Nokkur tiltölulega þykk setbergslög með mjög lágan brotstyrk eru mið- og efri hluta Vaðlaheiðar og ef jarðlagaspáin reynist rétt liggja flest setlögini fyrir ofan jarðgangaleiðina. Fáein allt að 1 til 3m þykk setbergslög eru samt líkleg til að lenda á gangaleiðinni. Lektarprófanir í borholum sýna að bergmassinn sem slíkur er vel þéttur en mikill vatnsleki getur átt sér stað þar sem jarðgöngin verða grafin gegnum misgengi og bergganga.

3 Vegna sterkra vísbendinga um fjölda sprungna, misgengja og bergganga var ráðist í sprunguleit með “prótónu” segulmælingum og VLF rafsegulbylgjum. VLF mælingarnar (frá föstum sendistöðvum) gáfu ekki sterkar vísbendingar en segulmælingarnar sýna glögg merki um fjölda bergganga með N-S stefnu auk misfelli sem túlka má sem misgengi með A-V stefnur.

Í heildina má segja að aðstæður til gangagerðar gegnum Vaðlaheiði teljist dálítið undir meðallagi miðað við veggöng héraendis. Basaltlögini eru sterkleg til gangagerðar en nokkur setbergslög draga aðstæður niður. Loks er áréttað að sprungur geti orðið nokkuð áhættusamar hvað varðar innflæði vatns og bergstyrkingar og verða þær líklega mesti óvissuþátturinn við gangagerðina.

5 Heimildaskrá

- Ágúst Guðmundsson og Haraldur Hallsteinsson 2003: Veggöng undir Almannaskarð. Jarðfræðiskýrsla. Unnið fyrir Vegagerðina júní 2003. 16. bls. auk teikninga og viðauka.
- Ágúst Guðmundsson og Haraldur Hallsteinsson 2001: *Reyðarfjörður - Fáskrúðsfjörður. Geological Report and tunnelling conditions.* Jarðfræðistofan. Unnið fyrir Vegagerðina, desember 2001. 23 bls. auk 22 teikninga og viðauka.
- Ágúst Guðmundsson 2000: Freráfjöll og urðarbingir á Tröllaskaga. Óbirt Meistaraprófsritgerð við Háskóla Íslands Reykjavík.
- Ágúst Guðmundsson 1993: Austfirðir. *Jarðgangagerð til samgöngubóta.* Unnið fyrir Vegagerð ríkisins, febrúar 1993. 28 bls. auk 26 mynda.
- Ágúst Guðmundsson 1992: *Jarðgangagerð til samgöngubóta á Austfjörðum.* Orkustofnun, VOD 92006. Unnið fyrir Vegagerð ríkisins, febrúar 1992. 72 bls. auk 46 mynda.
- Ágúst Guðmundsson 1991: Breiðadals- and Botnsheiði Tunnel. Geological report. Prepared for Vegagerð ríkisins (PRA). Jarðtæknistofan and Orkustofnun, OS-91006/VOD-02.
- Ágúst Guðmundsson, Haukur Jóhannesson and Björn A. Harðarson 1991: Hvalfjörður tunnel. Geological report, stratigraphy and structure. Jarðtæknistofan 1991. Prepared for Spölur Ltd.
- Ágúst Guðmundsson 1989: Breiðadals og Botnsheiði. Jarðfræði við áformaðar jarðgangaleiðir á norðanverðum Vestfjörðum. Skýrsla unnin fyrir Vegagerð ríkisins. Orkustofnun, OS-89014/VOD-02 B.
- Barton, N., Lien, R. og Lunde, J. 1974: Analysis of rock mass quality and support practice in tunneling and guide for estimating support requirements. NGI, Rep. 54206, 74 p.
- Haukur Jóhannesson 1991: Yfirlit um jarðfræði Tröllaskaga (Miðskaga). Árbók Ferðafélags Íslands 1991, bls. 39-56.
- Hunt, Roy E. 1984: *Geotechnical engineering investigation manual.* McGraw - Hill Book Company.
- Kristján Sæmundsson 1979: Outline of the Geology of Iceland. *Jökull* 29: bls, 7-28.
- Kristján Sæmundsson, Leó Kristjánsson, I. McDougall og N.D. Watkins, 1980: K-Ar dating, geological and paleomagnetic study of a 5 km lava succession in northern Iceland. *J. Geophys. Res.*, 85, bls. 3628-3646.
- Landmælingar Íslands 1990. Staðfræðikort 1:50000.
- Landmælingar Íslands . Loftmyndir (Aerial photographs) frá mismunandi tímum.
- Langbacka, B.O. og Ágúst Guðmundsson, 1995. Exstensional tectonics in the vicinity of a transform fault in North Iceland. *Tectonics*, 14, bls. 294-306.
- Páll Einarsson, 1989: Intraplate earthquakes in Iceland. In: *Earthquakes at North-Atlantic Passive Margins: Neotectonics and Postglacial Rebound*, bls. 329-344. S. Gregersen & P.W. Basham (Editors). Kluwer Acad. Publ.

- Páll Einarsson og Kristján Sæmundsson, 1987: Upptök jarðskjálfta 1982-1985 og eldstöðvakerfi á Íslandi. Fylgikort 1:750000. *Í hlutarins eðli*, unnið á Raunvís, OS, og LMÍ.
- Sveinbjörn Björnsson, 1975: Jarðskjálftar á Íslandi. *Náttúrufræðingurinn*, 45, bls. 110-133.
- Sveinn Björnsson, 1984: *Jarðfræði Ólafsfjarðarmúla*. Fjórða árs ritgerð. Jarðfræðiskor HÍ, 60s.
- Verkfræðistofan HNIT, 2005: Landlíkan með 2m hæðarlínubili.
- Walker, G.P.L 1960: Zeolite zones and dike distribution in relation to the structure of the basalt of Eastern Iceland. *Jour. Geol*, 68: 515-527.
- Walker, G.P.L. 1959: Geology of the Reyðarfjörður area, Eastern Iceland. *Geol. soc. London Quart. Jour.* 114: 367-393.